

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра теплотехники и гидрогазодинамики

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ В.А. Кулагин
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 2018 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ТЕЛА ДАМБЫ В РАЙОНЕ
НЕЗАМЕРЗАЮЩЕЙ ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ**

13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

13.04.01.01 Энергетика теплотехнологий

Научный руководитель	_____	проф.д-р техн.наук	А.П. Скуратов
	подпись, дата		
Выпускник	_____		В.А. Остапенко
	подпись, дата		
Рецензент	_____	доцент к.т.н.	Н.В. Крук
	подпись, дата		

Красноярск 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
Глава 1. Природно-климатические условия площадки золоотвала и анализ данных по эксплуатации накопителей	13
Глава 2. Существующая конструкция золоотвала и необходимость ее модернизации	19
2.1 Водоотводящие сооружения	20
Глава 3. Предлагаемые конструктивно-технологические решения по обеспечению промышленной и экологической безопасности объекта	28
3.1 Восстановительный намыв	28
3.2 Накопитель с незамерзающей дренажной системой	28
3.3 Гидроотвал с незамерзающей дренажной системой	31
3.6 Фильтры буровых скважин	51
Глава 4. Контрольно-измерительная аппаратура и мониторинг золоотвала ..	59
4.1 Гидротехнические сооружения и окружающая среда	59
4.1.1 Критерии безопасности ГТС	59
4.1.2 Проектные значения контролируемых параметров при ведении мониторинга безопасности	61
4.2 Программа наблюдений	61
4.2.1 Визуальные наблюдения	63
4.2.2 Геодезический контроль состояния ГТС	66
4.2.3 Наблюдения за фильтрационным режимом	68
4.2.4 Контроль заполнения емкостей	70
4.2.5 Контроль технологии гидротранспорта и обратного водоснабжения ..	71
4.2.6 Контроль качества осветленной воды	72
4.2.7 Контроль технологии очистки карт золоотвала от накопленных золы и шлама	72
4.2.8 Контроль влияния ГТС на окружающую природную среду	73
4.2.9 Наблюдения за состоянием (загрязнением) воздушной среды	74
4.2.10 Наблюдения за состоянием (загрязнением) земель (почв)	74
4.2.11 Наблюдения за состоянием (загрязнением) грунтовых вод	74
4.3 Документация, необходимая для эксплуатации ГТС	75

4.3.1 Эксплуатационный персонал и специалисты, осуществляющие мониторинг безопасности ГТС, в части образования, обучения и аттестации на право эксплуатации ГТС	76
4.4 Температурный режим на экспериментальном участке незамерзающего дренажа.....	80
Заключение	83
Приложение 1 – План и поперечные сечения золоотвала	84
Приложение 2 – Контрольно-измерительная аппаратура и виды водосбросных колодцев.....	85
Приложение 3 – Конструкция дамбы и дренажа	86
Приложение 4 – Предлагаемая конструкция дренажа	87
Приложение 5 – Схемы дренажей в насыпных и гидроотвалах	88
Список использованных источников	89

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы

В последние годы была предложена конструкция, рекомендующая использовать тепло пульпы для создания обогрева дренажа, но необходимое полное обоснование этой конструкции пока отсутствует, поэтому в данной работе считаю необходимым найти решение этого вопроса.

Целью данной работы является анализ и оценка теплового состояния тела дамбы в районе незамерзающей дренажной системы. Особенности проектирования, возведения и эксплуатации накопителя в суровых климатических условиях целесообразно рассматривать на примере ряда объектов, расположенных на вечномёрзлых основаниях, в зоне глубокого сезонного промерзания и других региона. К таким объектам относятся хвостохранилища Норильского ГМК, золоотвалы Аркагалинской ГРЭС, Благовещенской ТЭЦ, Иркутских ТЭЦ-10 и ТЭЦ-11, Абаканской ТЭЦ, хвостохранилища компании АЛРОСА в Якутии и др.

Одним из наиболее показательных объектов является хвостохранилище №1 в Норильске. Его основание сложено суглинистыми и супесчаными льдонасыщенными вечномёрзлыми грунтами с начальной температурой -2-3 °С. На глубине 1,5-2,5 м обнаружены ледяные линзы мощностью 1.0-2.5 м. Криогенная текстура суглинков сетчатая и сетчато-слоистая, объемная льдистость 30-40 %. тепловая осадка 5-20 %. Супеси имеют сетчатую текстуру и среднюю влажность 20-30%. Нередко влажность супесей достигала 90-100 %, а в отдельных случаях 200-340 %. Тепловая осадка этих грунтов превышает 15%. Под руслом ручья, пересекаемого дамбой, наблюдался фильтрационный поток, служивший причиной образования наледей. Мероприятия по промораживанию талика и перехвату подруслового потока проектом не предусматривались и в процессе возведения дамбы не проводились. Совместное воздействие температурного, криогенного, фильтрационного и гидравлического факторов на устойчивость и экологическую безопасность

накопителя привело к разрушению золоотвала Абаканской ТЭЦ (рисунок 1.1 и 1.2) 12 февраля 1990 г.

Дамба золоотвала построена из песчано-гравийной смеси; заложение верхового и низового откосов 1:3; средняя высота 9,5 м; ширина гребня 6 м. Противофильтрационный экран выполнен из полиэтиленовой пленки толщиной 0,4 мм, с защитным слоем толщиной 0,5 мм из песка. Максимальный уровень заполнения емкости водой предусматривался до 250,0 м при отметке гребня 251,0 м. В основании залегают суглинки, галечниковый грунт с песчаным заполнителем, на отдельных участках сохранен поверхностный слой заторфированного грунта толщиной до 1,2 м.

В результате разрушения низового откоса и гребня дамбы на участке длиной 45 м произошел ее размыв на полную высоту до отметки 241,86 м, а также экрана в ложе золоотвала на участке длиной 54 м и шириной 60 м.



Рисунок 1.1 - разрушение ограждающей дамбы золоотвала № 1 Абаканской ТЭЦ (поперечное сечение дамбы в проране)

Отметка гребня дамбы по бортам прорана 250,0 м, поверхности льда на золоотвале в момент аварии 249,60 м.

Основной причиной разрушения ограждающей дамбы являлось совместное воздействие фильтрационного потока и сезонного промерзания гребня, низового откоса и основания в нижнем бьефе. По данным натурных измерений (1986 – 1988 гг.) и многочисленным внешним проявлениям постоянной фильтрации, особенно у подошвы разрушившегося участка дамбы, можно судить о недостаточной эффективности пленочного экрана из-за наличия в нем многочисленных повреждений.

Эксплуатация золоотвала в осенне-зимний период 1989 – 1990 гг. проводилась при высоком, но не превышающем проектной отметки уровне воды, что при низких фактических водоупорных качествах экрана привело к обильному насыщению фильтрующейся водой массива дамбы особенно на разрушенном участке.

В теплое время года фильтрационный поток беспрепятственно высачивался в заполненное водой понижение у подошвы низового откоса. В зимнее же время в результате сезонного промерзания гребня, низового откоса и его основания в зоне высачивания произошло стеснение потока, резко возросли его скорости под нижней кромкой водонепроницаемой поверхностной мерзлой корки, а в пределах всей длины откоса на нее действовало взвешивающее давление фильтрационного потока, который в создавшихся условиях стал напорным.



Рисунок 1.2 - разрушение ограждающей дамбы золоотвала № 1 Абаканской ТЭЦ (вид из вытекшей емкости)

Наиболее опасная фаза развития этого процесса совпала по времени с максимальной глубиной промерзания откоса; его разрушение прошло практически сразу после завершения наиболее холодного периода зимы. Давление напорного фильтрационного потока на мерзлую корку могло привести к ее отрыву от фильтрующего массива откоса, а образовавшаяся под ней неплотность могла стать дополнительной причиной эрозии грунта. На участке повышенных скоростей фильтрации под торцом мерзлого слоя нельзя исключать возможность развития интенсивной суффозии грунта тела и основания дамбы. Совокупность всех этих воздействий и стала причиной быстрого разрушения дамбы, завершившегося ее размывом переливающимся потоком воды и пульпы.

Для оценки совместного воздействия температурных, фильтрационных и криогенных факторов на процесс разрушения дамбы проведена реконструкция напорного режима фильтрации под водонепроницаемым сезонномерзлым панцирем в момент, предшествовавший образованию прорана. На контрольной геофильтрационной модели учтены:

- сезонное промерзание низового откоса на глубину 1,7 м;
- высокое, практически на уровне гребня, положение уровня воды в золоотвале к моменту начала льдообразования;
- наличие на затопленном осенью пляже и поверхности воды в пруде сплошного льда толщиной до 0,45 м, образующего мерзлый панцирь вместе со слоем золовых отложений на пляже (до 0,55 м) и мерзлого грунта на гребне и низовом откосе толщиной до 1,7 м;
- наличие незамерзающего участка высачивания шириной 6 – 8 м непосредственно у подошвы дамбы;
- наличие экранируемого сезонномерзлого слоя на поверхности основания за участком высачивания;
- высокая водопроницаемость поврежденного пленочного экрана.

При отсутствии внутреннего незамерзающего дренажа в основании и теле дамбы или заменяющего его внешнего локального дренажа-пригрузки под водопроницаемым мерзлым панцирем толщиной до 2,5 м на поверхности низового откоса в его нижней части формируется зона напорной фильтрации.

При неблагоприятном сочетании перечисленных выше факторов могут произойти отрыв, выпор и сдвиг нижней части мерзлого грунта, как это и наблюдалось на деформированном участке дамбы. Таким образом, рабочая гипотеза, выдвинутая при анализе причин разрушения дамбы, полностью подтверждена на рассматриваемой модели.

Аналогичная картина может проявиться с той или иной степенью опасности и на других участках дамбы. При более низких отметках уровня воды в золоотвале кратковременное ослабляющее воздействие напорной зимней фильтрации на промерзающий недренированный откос будет не столь значительным, но при многократном повторении опасность этого процесса усиливается, особенно если учитывать вполне реальную возможность контактной суффозии грунта под мерзлым панцирем.

ГЛАВА 1. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПЛОЩАДКИ ЗОЛООТВАЛА И АНАЛИЗ ДАННЫХ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ НАКОПИТЕЛЕЙ

1.1 Общая характеристика золоотвалов как объектов исследования

Золоотвал – это специальное гидротехническое сооружение, предназначенное для организованного складирования золошлаков – отходов сжигания твердого топлива ТЭС и котельных.

Золоотвалы и другие накопители промышленных отходов и стоков являются распространенными и мощными источниками загрязнения длительного действия, создающие серьезные экологические проблемы на обширных территориях. Любое необоснованное вторжение в накопитель означает появление участков или зон, при которых массив отвала теряет свою прочность. В результате фильтрации - движения жидкости в пористой или трещиноватой среде, может произойти вынос загрязняющих веществ.

По способу транспортирования и складирования золошлаковых отходов выделяют насыпные и гидравлические отвалы.

Емкость (чаша) для складирования золошлаков состоит из ложа (дна) и бортов золоотвала. Бортами могут служить как естественные склоны, так и ограждающие дамбы – грунтовые подпорные сооружения. Для заполнения емкости на золоотвале устраивают сеть разводящих пульпопроводов с пульповыпусками. Для отвода из чаши золоотвала осветленной от золошлаков транспортирующей воды устраивают водосбросные и водоотводящие сооружения. Для ее сбора и возврата на ТЭС служат бассейны (буферные пруды) и насосные станции осветленной воды. Для отвода поверхностного стока на золоотвалах устраивают перехватывающие и водоотводящие сооружения – отсечные дамбы, нагорные канавы и т.д.

Одним из важнейших элементов золоотвалов являются противифльтрационные и дренажные устройства, предотвращающие

загрязнения грунтовых и поверхностных вод. На золоотвалах также устраивают внутренние дренажи (так называемые «дренажи осушения»), которые служат для ускорения процессов консолидации (геологический процесс при котором происходит уменьшение объёма осадка) золошлаковых отложений и придания дополнительной устойчивости ограждающим сооружениям золоотвала.

Золоотвалы, как и другие накопители, характеризуются непрерывным изменением во времени конструктивных и технологических параметров – действующего напора, контуров сооружения в плане, поперечных и продольных профилей ограждающих сооружений, материала тела дамб, в том числе наращивания, мощности и физико-механических свойств золошлаковых отложений, интенсивности намыва, рельефа откосов и дна отстойного пруда.

Кроме задач, обычно решаемых при проектировании и строительстве водоподпорных грунтовых сооружений, при проектировании и строительстве золоотвалов возникают дополнительные специфические задачи, свойственные сооружениям накопителей. В первую очередь, это вопросы экологии – предотвращение попадания загрязненных стоков в поверхностные водоемы и грунтовые воды, вопросы пыления и пылеподавления, вопросы наращивания ограждающих дамб и сложные проблемы эксплуатации в суровых климатических условиях. Дефицит свободных площадей для размещения золоотвалов ведет к увеличению их высоты. Высота многих существующих золоотвалов достигает 20-30 м. При дальнейшем наращивании ограждающих дамб соответственно повышается класс сооружения. При дефиците свободных земель многие золоотвалы вынужденно размещают на площадках, расположенных выше отметок территорий жилой застройки, промышленных предприятий, других объектов, которые при этом попадают в зону возможного подтопления и затопления. В таких условиях особую ответственность приобретают проектирование и строительство защитных инженерных сооружений в комплексе с золоотвалами.

1.2 Природно-климатические условия площадки золоотвала

Площадка предлагаемого карьера расположена в районе Черногорской городской свалки. Местоположение площадки согласовано с представителем заказчика. Топоосновы на указанный участок нет.

Таблица 1.1 – Среднемесячные температуры в городе Черногорске

Месяц	Среднемесячная температура, °С	Период	Количество календарных дней в периоде	Количество рабочих дней в периоде
Январь	-17,0	Холодный	90	60
Февраль	-15,0			
Март	-4,0			
Апрель	+3,0	Переходный	30	22
Май	+11,0	Теплый	153	110
Июнь	+17,0			
Июль	+19,0			
Август	+17,0			
Сентябрь	+10,0			
Октябрь	+2,0	Переходный	31	23
Ноябрь	-8,0	Холодный	61	45
Декабрь	-16,0			

На выбранной площадке пробурено 8 скважин глубиной 2-4м.

По результатам бурения разрез площадки представлен делювиальными суглинками твердой, полутвердой консистенции, залегающими с поверхности до глубины 0,6 – 3,6 м, подстилающимися элювиальными щебенистыми грунтами. На локальных участках до глубины 4,0 м суглинки на полную мощность не пройдены.

Подземные воды до глубины 4,0 м не встречены.

Из скважин отобраны точечные пробы грунта для лабораторных исследований. Результаты лабораторных работ представлены в ведомостях.

Грунты содержат органические примеси в количестве 0,09 – 0,12 долей единиц (9 – 12%), воднорастворимые соли (засоленность) – 0,656 – 0,868 %.

Коэффициент фильтрации суглинков в естественном состоянии изменяется в пределах от 0,0101 до 0,0376 м/сут. при стандартном уплотнении – от 0,0035 до 0,0331 м/сут.

Наибольшей плотности, характеризующейся плотностью скелета грунта от 1,75 до 1,89 г/см³, суглинки достигают при оптимальной влажности от 0,146 до 0,187 д. ед. Максимальный коэффициент фильтрации $K_{\phi}^{max}=0,04$ м/сут.

Золоотвал котельной № 3 расположен напротив гидролизного завода недалеко от п. Усть-Абакан на надпойменной террасе р. Енисей.

По результатам бурения скважин № 91516, 91517, 91519, 91520 в ложе малой чаши встречены насыпные грунты, мощностью от 1,5 м (скв. 91520) до 4,5 м (скв. 91516), подстилающиеся аллювиальными гравийными грунтами с супесчаным или суглинистым заполнителем (скв. 91516, 91517), суглинками (скв. 91519) и песками мелкими (скв. 91520).

Литологический состав насыпных грунтов отличается неоднородностью, невыдержанностью в плане и разрезе: так с поверхности всеми скважинами встречены суглинки мощностью 0,3 – 0,9 м (экран), которые подстилаются в скважинах № 91516, 91517 шлаком котельным мощностью 0,3 – 0,4 м и повсеместно щебенистыми грунтами с суглинистым заполнителем мощностью 0,9 м (скв. 91519) – 1,6 м (скв. 91516), ниже вскрыты суглинки (скв. 91517, 91519) и глины (скв. 91516) мощностью, соответственно, 1,7 – 1,8 м, 1,5 м.

Консистенция суглинков выше уровня подземных вод (экран) – твердая и полутвердая, ниже уровня – мягкопластичная и текучая, глин- туго- и мягкопластичная. На участках скважин 91519, 91520 в суглинках отмечены включения дресвы, гальки, корни деревьев.

В ложе большой чаши (скв. 91525, 91526, 91529, 91530) встречены насыпные грунты мощностью от 1,2 до 2,0 м, подстилающиеся

аллювиальными галечниковыми грунтами с песчаным заполнителем вскрытой мощностью 1,5 – 2,3 м.

Литологический состав насыпных грунтов различный: в скважинах 91526, 91529 с поверхности встречены пески пылеватые и мелкие мощностью 0,6 – 0,8 м, подстилающиеся суглинками мощностью 0,4 – 0,7 м; в скважинах 91525, 91530 – суглинки мощностью 1,5 – 1,6 м, подстилающиеся галечниковыми и щебенистыми грунтами с суглинистым заполнителем.

Суглинки туго- и мягкопластичной консистенции, на локальных участках щебенистые, с редкой дресвой, щебнем и галькой, маломощными линзами песка.

Исходя из вышеописанного, следует вывод об отсутствии закономерности в отсыпке ложа малой и большой чаш золоотвала.

Подземные воды в ложах золоотвала на период бурения располагались на глубинах от 1,23 до 2,8 м от дневной поверхности.

В скважинах № 91518, 91521 – 91525, 91527, 91528, 91531 – 91533, в пробуренных по осям ограждающих дамб, мощность насыпных грунтов 4,0 – 5,2 м, на участках скважин 91521, 91523 – 7,5 – 8,0 м.

Естественным основанием дамб служат аллювиальные галечниковые грунты с песчаным (в скважинах 91521, 91523 с супесчаным) заполнителем. Вскрытая мощность аллювиальных – 1,0 – 5,0 м.

Подземные воды на период бурения располагались на глубинах от 5,0 до 5,8 м от дневной поверхности.

Тело ограждающих дамб состоит (сверху вниз): из насыпных галечниковых грунтов с песчаным заполнителем мощностью 0,2 – 1,5 м, в скважине 91532 – 4,5 м, подстилающихся насыпными суглинками мощностью 2,6 – 6,8 м. В скважине 91532 суглинки не встречены, не считая маломощных (0,2 м) прослоев в толще галечниковых грунтов. Местами нет ядра.

В толще насыпных суглинков отмечены единичные включения и прослои гальки, щебня и галечниковых грунтов, линзы песка, остатки дерева.

Консистенция суглинков, выше уровня подземных вод, изменяется от твердой до мягкопластичной, ниже уровня – текучая.

Плотность суглинков, отсыпанных в тело дамб, изменяется от 1,52 до 1,62 т/м³. По данным стандартного уплотнения эти же суглинки достигают максимальной плотности 1,78 – 1,81 т/м³ при оптимальной влажности 0,157 – 0,168 д. ед.

Анализ данных плотности указывает на недоуплотнение суглинков в теле ограждающих дамб.

Компрессионный модуль деформации изменяется от 1,9 до 6,3 Мпа, сцепление от 0,015 до 0,055 Мпа, угол внутреннего трения от 17 до 29°.

ГЛАВА 2. СУЩЕСТВУЮЩАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЗОЛОТВАЛА И НЕОБХОДИМОСТЬ ЕЕ МОДЕРНИЗАЦИИ

План и разрезы рассматриваемого золоотвала подробно рассмотрены в приложениях 1,3.

Общее экологическое состояние золоотвала позволяет эксплуатировать его по временной схеме при минимальном воздействии на окружающую среду. Частичное заполнение двух секций, выделенных внутренними разделительными дамбами, сопровождается локальной сосредоточенной фильтрацией в южной части.

Стабильный уровень воды в дополнительно экранированной части затопленной секции свидетельствует об эффективности суглинистого экрана.

В зоне действующих пульповыпусков формируется намывной золовый экран, способствующий уменьшению фильтрации.

Катастрофических утечек воды и пульпы не отмечалось. Вынос частиц грунта и золы в действующих фильтрационных выходах так же не происходит. По величине рН воды фильтрационных выходов практически не отличается от естественной воды в заболоченных понижениях вокруг золоотвала.

Увлажнение и оплывание внутренних и внешних откосов ограждающей дамбы в пределах эксплуатируемой секции не наблюдается. Пыление на подводном пляже не происходит. Трещины и осадки на гребне дамбы не обнаружены.

Образование фильтрационных воронок на южной части дамбы можно объяснить перемещением грунта в пустоты каменно – набросной постели, выполненной до отсыпки дамбы по откорректированному проекту, а также в пустоты, которые могли образоваться при зимней отсыпке комковатого грунта в тело дамбы. Воронки частично уже заматы и засыпаны золой. Диаметр воронок не превышает 1 м, глубина достигает 0,5 м.

Мероприятия по отсыпке противофильтрационных насыпей из суглинка над водосбросными трубами и отсыпке суглинистых пробок в местах их

пересечения с дамбой осуществлены полностью, на эксплуатируемой секции в этом месте видимых фильтрационных утечек нет.

Продолжается подготовка лож и откосов восточной секции основной чаши. Ведутся пуско-наладочные работы на насосной станции оборотной воды.

2.1 Водоотводящие сооружения

Водосбросные сооружения устраивают в накопителях для обеспечения необходимых пропусков осветленной воды, а в некоторых случаях для возможного полного опорожнения емкости.

Преимущественно используют шахтные колодцы, береговые или сифонные водосбросы, соединенные с отводящим коллектором, уложенным по дну накопителя или бортам. Сифонный водосброс целесообразно использовать в районах с суровыми климатическими условиями.

Конструкцию и размеры водосбросных сооружений определяют расчетом, исходя из обеспечения требуемой пропускной способности при различных отметках поверхности воды в накопителе, изменяющихся в процессе эксплуатации. Высоту водосбросного колодца рекомендуется принимать не выше 20 м. Расстояние от водосбросных колодцев до мест выпуска пульпы определяется требуемой степенью осветления (обычно его принимают не менее 2500 м).

Конструкция колодца зависит от его назначения. При повторном использовании осветленной воды в водообороте конструкция колодца должна обеспечивать равномерный расход. В этом случае применяют колодец стоечно-шандорного типа, представляющий собой в плане квадрат, образованный четырьмя стойками из металла или железобетона. В пазы стоек опускают шандоры. Находят применение так же колодцы из железобетонных колец с отверстиями, расположенными в разных местах по высоте и закрываемыми заглушками.

Коллекторы водосбросных сооружений выполняют из металла или сборного железобетона, обеспечивая водонепроницаемость стыков и предотвращая попадание в коллектор шламов. Рекомендуется укладывать коллектор на уплотненное основание.

Статический расчет водосбросных колодцев проводят на действие льда и волновой нагрузки при полностью заполненном накопителе.

Водосбросные сооружения должны обеспечивать забор воды при различных глубинах пруда и отметках гребня дамбы с учетом динамики заполнения и наращивания накопителя.

Поверхностный сток, не учтенный в балансе накопителя, направляется в обход его по обводным и нагорным каналам.

Шахтный водосбросной колодец не позволяет регулировать уровень воды в пруде и расход сбрасываемой осветленной воды путем подъема или опускания шандорных затворов.

Расход воды, м³/с, переливающийся через шандоры, определяют по формуле:

$$Q_{\kappa} = ml\sqrt{2gH}^{3/2} \quad (1)$$

где m – коэффициент расхода ($m = 0,4$);

l – ширина водосливного фронта, м;

H – высота переливающегося слоя, м.

Количество колодцев назначают исходя из расхода сбрасываемой осветленной воды. В овражно-балочных накопителях основной сбросной коллектор обычно прокладывают по дну балки, а дополнительные коллекторы – на ее склонах. По мере заполнения емкости и наращивания дамбы система «коллектор – колодцы» развивается вверх по склону, постепенно для каждого нового яруса наращивания оборудуется и вводится в эксплуатацию соответствующий ярус колодцев. Если расположение колодцев не препятствует намыву придамбового пляжа и наращиванию дамбы, то

производится многоярусное наращивание колодцев по высоте, наиболее характерное для равнинных, пойменных и карьерных накопителей.

Количество колодцев определяется их производительностью, устанавливаемой по формуле (1), расходами пульпы и сбрасываемой воды. При известных размерах пруда и количестве колодцев определяют диаметр общего сбросного коллектора. Полагая, что напор в колодце над коллектором $H \leq 1,2 - 1,5$ м, находят площадь его поперечного сечения по формуле:

$$\omega_k = \frac{\sum Q_k}{\mu \sqrt{2gH_k}} \quad (2)$$

где $\sum Q_k$ – суммарный расход группы колодцев, объединенных коллектором, м³;

μ – коэффициент расхода, равный при выпуске под уровень бассейна осветленной воды.

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\frac{\lambda L_k}{D} + \sum \xi}} \quad (3)$$

где λ – коэффициент потерь в трубах больших диаметров ($\lambda = 0,019$);

D, L_k – диаметр и длина коллектора, м;

$\sum \xi$ – сумма потерь в трубе на трение, вход и выход (обычно принимается равной 1).

Шандорные водопереливные колодцы с подземными водосбросными коллекторами являются наиболее распространенными техническими решениями по отбору осветленной воды на накопителях. Они являются важнейшими элементами системы гидротранспорта и оборотного водоснабжения предприятия. Но этим сооружениям свойственны известные недостатки:

- Засорение пульпой и химическое зарастание, особенно при складировании высококальциевых зол и шламов;
- Чувствительность к ледовым воздействиям (врастание в ледяной покров, смещение, опрокидывание и выдергивание при подвижках ледяного поля);
- Необратимые деформации при осадках сильносжимаемых и намывных оснований и термопросадках оттаивающей мерзлоты;
- Невозможность намыва пляжа на участках расположения колодцев;

Невозможность маневрирования вслед за изменением глубины слоя осветленной воды и перемещением отстойного пруда по площади чаши накопителя;

Невозможность контроля состояния, сложность очистки и ремонта подводных частей колодцев и коллекторов;

Сложность наращивания колодцев и продления коллекторов при наращивании очередного яруса накопителя.

Указанные недостатки могут быть исключены при использовании некоторых относительно новых технических решений. Одним из них является плавучий сифонный водозабор.

Каждая из двух сифонных линий состоит из плавучего водоприемника, сифонного водовода и вакуум – установки. Минимальное расстояние между линиями следует принимать не менее 300 м, чтобы исключить ухудшение качества осветления воды в зоне действия одной линии при работе пульповыпусков и намыва пляжа в створе другой линии. Каждая линия питает насосную станцию оборотной воды, обычно располагаемую у подошвы ограждающей дамбы. Соответственно длина одной сифонной линии может достигать 500 – 1000 м. Сифонные водоводы, укладываемые по пляжу, гребню, низовому откосу и далее вдоль подошвы дамбы, подключаются к всасывающему коллектору насосной станции или заводятся под уровень бассейна осветленной воды.

Плавучая часть водовода на участке от водоприемника до пляжа или до гребня, если пляж еще не намыт, прокладывается на понтонах. Для обеспечения гибкости и свободного перемещения водовода при маневрировании расположением водоприемника в зависимости от процесса намыва отходов, глубины пруда и колебаний уровня воды соединение звеньев подвижного участка водовода осуществляется на шарнирах, выполненных из автопокрышек.

Аналогичная конструкция шарнира – компенсатора применяется и на неподвижных участках водоводов осветленной воды и пульпопроводов для восприятия продольных температурных деформаций и неравномерных осадок и смещения опор, в частности при сезонном промерзании – оттаивании, морозном пучении и трещинообразовании, обычно сопровождающих эксплуатацию этих сооружений в условиях Сибири.

Плавучий водоприемник отличается простотой исполнения, обеспечивает отбор верхнего слоя наиболее осветленной воды, обладает достаточной непотопляемостью и имеет минимальную осадку. Последнее очень важно, так как от осадки зависит длина плавучего участка водовода на мелководной зоне подводного пляжа. Конструкция водоприемника исключает его вмерзание в ледяной покров, для чего может быть предусмотрен электрообогрев греющим кабелем. Но даже при отсутствии такого обогрева водоприемник надежно работает при среднемесячной температуре наиболее холодного периода года (январь) до минус 45°C при непрерывном водоотборе, а так же при периодическом отключении не более чем на 3 часа.

Водоприемник в плане имеет форму шестиугольника и состоит из пустотелой палубы, водоприемной камеры под палубой и всасывающего раструба в центре палубы. Полость палубы заполнена гидрофобным пенопластом, что обеспечивает плавучесть водоприемника и теплоизоляцию водоприемной камеры и раструба. Удельная масса водоприемника обычно не превышает 400 кг/м^2 ; при этом нижняя поверхность палубы погружается в воду примерно на $0,3 - 0,4\text{ м}$. Верхняя поверхность палубы должна

возвышаться над уровнем воды на 0,6 м, следовательно, толщина палубы должна назначаться равной 0,9 – 1,0 м. Открытые борта водоприемной камеры работают как водослив с тонкой стенкой. Его удельная пропускная способность ($\text{м}^3/\text{с}$ на 1 пог. м длины водосливного фронта) определяется по формуле:

$$q = 0,42\sqrt{2gh^{3/2}} = 1,86^{3/2} \quad (4)$$

где 0,42 – коэффициент расхода;

g – ускорение силы тяжести ($g = 9,81, \text{м/с}^2$);

h – напор на водосливе, равный высоте отбираемого слоя воды, м. Из опыта эксплуатации величина h не должна превышать 0,3 м. В расчетах следует принимать $h = 0,15 - 0,2$ м.

В таблице 2.1 приведены значения q , вычисляемые по формуле (4).

Заглубление водосливной кромки водоприемной камеры под уровень воды в пруде назначается равным $1,25h$ для обеспечения работы водослива в режиме подтопления.

Длина водосливной кромки водоприемника, м, должна обеспечивать пропуск расчетного расхода Q :

$$L = \frac{Q}{q} \quad (5)$$

По величине L назначают конструктивные размеры водоприемника в плане.

Скорость горизонтального течения воды в камере не должна превышать скорость вертикального потока на входе в раструб, поэтому зазор между днищем палубы и днищем водоприемной камеры принимают равным 0,25 –

$0,3D_{Bx}$. Рекомендуемое соотношение между диаметром входа в раструб D_{Bx} , высотой раструба h_p и диаметром водовода D_B дано в табл. 2.2.

Таблица 2.1 - значения $q = f(h)$

$h, \text{ м}$	$q, \text{ м}^3/\text{с}$
0,05	0,0208
0,1	0,058
0,15	0,106
0,2	0,166
0,3	0,330

Таблица 2.2 - рекомендуемые соотношения D_{Bx} , D_B , h_p

$D_B, \text{ мм}$	D_{Bx}/D_B	H/D_B
100 – 350	1,90	1,15
400 – 600	1,80	1,10
800 – 1200	1,75	1,05

Расчетная производительность насосной станции осветленной воды должна обеспечиваться при работе минимум двух сифонных линий. Поэтому при отключении одной другая линия должна обеспечивать не менее 70 % производительности насосной станции. Этим условием определяется расчетный расход одной линии сифонного водовода. Для его стабильной работы диаметр труб D_B подбирается также по скорости, обеспечивающей вынос водой нерастворенного воздуха. Рекомендуемые значения минимальных скоростей воды, при которых не происходят отключения сифонных линий из-за скопления воздуха в командной точке на гребне дамбы, даны в таблице 2.3.

Превышение командной точки сифонного водовода над уровнем воды в пруде определяется величиной критического вакуума с учетом гидравлических потерь на участке от водоприемника до командной точки:

$$\left(\frac{P_{\text{вак}}}{\gamma} \right)^{\text{кр}} = 9,94 - \frac{\nabla}{900} - \left(\frac{p}{\gamma} \right)^{\text{нас}} \quad (6)$$

где ∇ - абсолютная отметка гребня дамбы в командной точке, м;

$\left(\frac{p}{\gamma}\right)^{нас}$ - давление насыщенных паров, зависящее от температуры воды,

м. вод. ст.; при $t_v = 20^\circ\text{C}$, $\left(\frac{p}{\gamma}\right)^{нас} = 0,24$ м.

Из практики следует, что указанное превышение должно быть $\leq 6 - 7$ м. В командной точке водовода устраивается штуцер для подключения передвижной вакуум – установки.

Таблица 2.3 – Рекомендуемые значения V

D_B , мм	V , мм
0,1	0,87
0,2	1,22
0,3	1,50
0,4	1,73
0,5	1,94
0,6	2,12
0,7	2,29
0,8	2,45
0,9	2,60
1,0	2,74

Максимальный перепад между уровнем воды в пруде и всасывающим коллектором насосной станции осветленной воды в начальный период эксплуатации должен превышать сумму гидравлических потерь (местных и по длине) наиболее протяженной сифонной линии.

Начальный запуск сифона выполняется достаточно мощными вакуумными насосами. При значительном объеме откачиваемого воздуха фактическое время первичного запуска может превысить регламентируемое для зарядки всасывающих линий насосов. В действующей системе оборотного водоснабжения зарядка сифонов производится обратным перепуском воды из напорных водоводов, а вакуумная установка используется для дозарядки и автоматического поддержания вакуума.

В суровых климатических условиях предусматривается теплоизоляция сифонных водоводов.

ГЛАВА 3. ПРЕДЛАГАЕМЫЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОМЫШЛЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА

3.1 Восстановительный намыв

Восстановительный намыв (приложение 5, рис. 2), или отсыпка грунта, на деформированных участках низового откоса, гребня и пляжа необходимо выполнять в течение одного строительного сезона при стабильном или пониженном уровне воды в отстойном прудке. Проектом должна быть предусмотрена тщательная заделка всех воронок, промоин, эрозионных русел и понижений, ослабляющих откос. На поверхности укрепляемого откоса должны быть предусмотрены бермы и крепления из крупнообломочного грунта, исключающие повторную эрозию, сплывы и другие деформации поверхностного слоя. При проведении упрочняющего намыва не допускается замыв отходами снежников и обнажений погребенных техногенных льдов.

В этом случае снег полностью удаляется, а замытый лед подвергается искусственному оттаиванию.

Термокарстовые воронки на пляже и откосе следует своевременно и тщательно засыпать глинистым грунтом и замывать отходами, не допуская попадания в них воды из отстойного пруда. При восстановительном и упрочняющем намыве на пляже не допускается образование застойных зон, способствующих скоплению мельчайших илистых частиц и образованию локальных ослабленных прослоек.

3.2 Накопитель с незамерзающей дренажной системой

Применительно к насыпным накопителям до последнего времени отсутствовали достаточно надежные технические решения незамерзающих

дренажных систем, осуществляющих отвод загрязненного атмосферного стока с поверхности насыпи, исключаяющих ее переувлажнение и снижение устойчивости.

Предлагаемая конструктивная схема дренированного накопителя на непроницаемом или экранированном основании приведена в приложении 5, рис. 1,3.

Основными элементами такого накопителя являются: естественное или экранированное основание, спланированное с уклоном к внутреннему дренажу с формированием внешней обваловки; дренирующий слой толщиной 20 – 25 см (песчано-гравийная смесь, щебень, шлак); незамерзающий дренажный коллектор, обеспечивающий отвод во внешнюю емкость профильтровавшихся через толщу отходов и загрязнившихся при этом атмосферных вод; поярусно-наращиваемая дренажная призма, располагаемая над дренажным коллектором; отходы, отсыпаемые поярусно с уплотнением при оптимальной влажности; упрочняющие дренирующие прослойки, предотвращающие морозное пучение, переувлажнение, солифлюкционное оплывание и эрозионный размыв в поверхностном слое откоса; экран из суглинки, золобетона, или пленки; утепленный дренажный выпуск; внешняя емкость для сбора противофильтровавшихся стоков.

Преимущества предлагаемого технического решения состоят в следующем:

- Надежность сооружения обеспечивается без устройства внешнего дренажа, обычно промерзающего при малых инфильтрационных расходах и по этой причине весьма не эффективного. Планировка прилегающей территории с уклоном от накопителя исключает поступление в него внешнего поверхностного стока;
- Осадки, выпадающие на поверхность насыпи и просачивающиеся в массив складированных отходов, гарантированно отводятся по внутренней незамерзающей дренажной системе во внешнюю теплоизолированную емкость;

- Весенний сток накапливается в понижении над дренажом, что гарантирует быстрое оттаивание сезонномерзлой пробки в начале весны и последующую нормальную работу дренажа;
- Упрочняющие дренажные прослойки в поверхностном слое на откосах предотвращают его разжижение и оплывание в периоды сезонного оттаивания и обильных дождевых осадков, практически исключают пучение при сезонном промерзании насыпи.

В предлагаемом техническом решении насыпного накопителя с незамерзающей центральной дренажной системой принято, что сооружение отсыпается из дисперсных отходов (хвосты, золошлаки и т.п.). Дренажная система создает условия для эффективного управления водно-тепловым режимом и повышения устойчивости насыпи, исключает эрозию ее откосов дождевыми и талыми водами, предотвращает переувлажнение и оползание поверхностного слоя, испытывающего воздействие криогенных процессов при сезонном промерзании – оттаивании (пучение, трещинообразование, солификация).

Для обоснования эксплуатационной надежности и экологической безопасности сооружения и оценки его устойчивости выполнено вычислительное моделирование фильтрационного режима накопителя. Рассматривался квазистационарный режим фильтрации в плоско-вертикальной постановке для расчетного сечения, выбранного в средней части сооружения.

Непосредственное интегрирование уравнений геофильтрации возможно только в простейших случаях. Для решения рассматриваемой задачи со сложной конфигурацией области, с различными граничными условиями и учетом поярусного наращивания насыпи применен метод конечных разностей. Для оценки устойчивости откосов выполнены расчеты устойчивости по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения.

Рассматривался экстремальный режим эксплуатации насыпного накопителя. Принято, что вследствие обильного увлажнения на поверхности

насыпи формируется слой воды глубиной до 0,15 м. Образование такого поверхностного водоема возможно вследствие сочетания ряда неблагоприятных факторов – длительных интенсивных атмосферных осадков, низкой водопроницаемости массива отходов и недостаточной пропускной способности дренажной системы, например при ее засорении.

Расчеты проведены для следующих режимов эксплуатации сооружения при работе:

- Только центрального дренажа и отсутствии (например, кольматации) дренирующего слоя в основании насыпи;
- Центрального дренажа в сочетании с дренирующим слоем в основании;
- Двух дополнительных дренажей;
- Центрального дренажа в сочетании с крайним дренажем, отсутствием и наличием дренирующим слоем в основании.

В результате установлено, что оптимальным является вариант с центральным и крайними дренажами в сочетании с дренирующим слоем в основании.

3.3 Гидроотвал с незамерзающей дренажной системой

Гидроотвал с незамерзающей дренажной системой, включающий ограждающую дамбу, утепляющую дренажную пригрузку на низовом откосе дамбы и расположенные под пригрузкой дренаж и дренажный выпуск, отличаются тем, что непосредственно над дренажом и дренажным выпуском размещен пульпопровод гидротранспортной системы для передачи на гидроотвал гидросмеси имеющей положительную температуру промышленных отходов – пульпы.

Изобретение относится к гидротехническому строительству и может быть использовано при складировании отходов промышленных предприятий, например золошлаков тепловых электростанций, хвостов рудообогащения,

шламов металлургических и других производств в гидроотвалах – золошлакоотвалах, хвостохранилищах и шламонакопителях.

При устройстве гидроотвалов в суровых климатических условиях существенно важным является защита от промерзания дренажей, находящихся в ограждающей дамбе и массиве складированных отходов. Происходящее при этом нарушение нормального фильтрационного режима приводит к уменьшению устойчивости дамбы и гидроотвала в целом, их деформациям и разрушению. Известны многочисленные примеры таких негативных процессов, приводящих к аварийным ситуациям (хвостохранилище № 1 Норильского ГМК, золоотвал № 1 Абаканской ТЭЦ и другие).

Основные формы фильтрационно-температурного режима намывных ограждающих дамб талого типа представлены на рисунке 2.1.

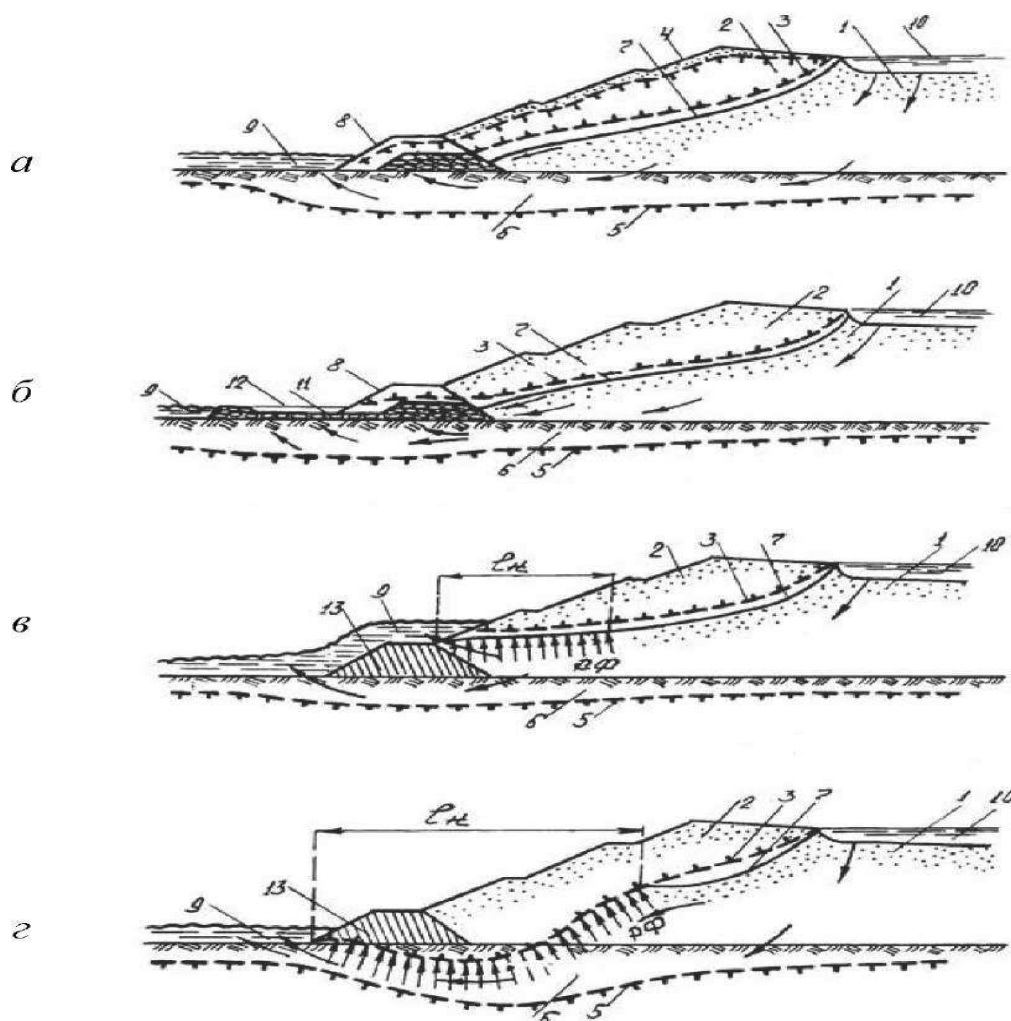


Рисунок 2.1. а, б - нормальный режим фильтрации (безнапорная фильтрация в русловом створе защищенного от промерзания дренажа); в - аварийный режим (безнапорно-напорная фильтрация в русловом створе с высачиванием на поверхность откоса выше гребня нефiltrующей первичной дамбы при отсутствии дренажа или его неэффективной работе); г - неблагоприятный режим фильтрации в центральном и боковых створах при сплошном промерзании откоса и нефiltrующей первичной дамбы; 1 - талые филтрующие отложения; 2 - водонепроницаемые мерзлые отложения; 3 - нижняя граница многолетнего промерзания откоса; 4 - слой сезонного оттаивания; 5 - поверхность мерзлоты в основании; 6 - оттаявший слой грунта основания; 7 - кривая депрессии; 8 - нефiltrующая первичная дамба с внутренней дренажной призмой; 9 - наледь; 10 - отстойный пруд; 11 - дренажный выпуск; 12 - теплоизолирующий слой грунта; 13 - нефiltrующая первичная дамба

Известен гидроотвал отходов промышленных предприятий (патент РФ № 2440455, МПК E02B 7/06, опубл. 20.01.2012 Бюл. № 2), в котором незамерзаемость дренажной системы достигается при таком ее расположении

в толще намывного массива отходов, когда его промерзание со стороны низового откоса ограждающей дамбы не влияет на работоспособность дренажа. Но в данном техническом решении не решена задача предохранения от замерзания дренажных выпусков, пересекающих слой сезонного промерзания на низовом (внешнем) откосе ограждающей дамбы. Опасность такого промерзания постоянно сохраняется в периоды наиболее низких температур наружного воздуха и промерзающего слоя и, соответственно, при снижении теплоотдачи от фильтрационного потока.

Известен так же гидроотвал, в котором использована утепленная дренажная пригрузка с незамерзающим дренажным выпуском (Сысоев Ю.М., Кузнецов Г.И. Проектирование и строительство золоотвалов. – М.: Энергоатомиздат, стр 187 – 189, рис. 5.11). В этой конструкции предусмотрено применение греющего электрокабеля.

Недостатком известного технического решения является то, что в нем не используется тепло, содержащееся в гидросмеси (пульпе), подаваемой на гидроотвал по трубам гидротранспортной системы, существенно усложняется конструкция утепленного дренажа, возрастает стоимость его строительства и эксплуатации за счет затрат на прокладку кабеля и устройство других элементов системы электрообогрева и относительно высоких энергозатрат. Отрицательным фактором является также недостаточная надежность системы при повреждениях и отключениях электроснабжения.

В основу изобретения заложено создание такой конструкции дренажа и дренажного выпуска на гидроотвале в суровых климатических условиях, которая обеспечила бы незамерзаемость и, соответственно, работоспособность дренажа при минимальных затратах на его устройство и эксплуатацию за счет использования теплосодержания гидросмеси, подаваемой в гидроотвал.

Поставленная задача решается тем, что в гидроотвале с незамерзающей дренажной системой, включающем ограждающую дамбу, утепляющую дренажную пригрузку на низовом откосе дамбы и расположенные под

пригрузкой дренаж и дренажный выпуск, согласно изобретению непосредственно над дренажом и дренажным выпуском размещен пульпопровод гидротранспортной системы для подачи на гидроотвал гидросмеси имеющих положительную температуру промышленных отходов (пульпы).

Предлагаемое изобретение поясняется чертежами (приложение 4), где представлен вариант гидроотвала с трубчатым дренажом в разрезе по нормали к оси дамбы, а так же показан аналогичный разрез для варианта гидроотвала с ленточным дренажом.

Предлагаемый гидроотвал с незамерзающей дренажной системой включает в себя ограждающую дамбу гидроотвала, ленточный или трубчатый дренаж, дренажный выпуск, расположенные на основании. Непосредственно над дренажом и дренажным выпуском расположен пульпопровод, размещенный в грунте утепляющей пригрузки.

Создание незамерзающего дренажа гидроотвала и его работа осуществляются следующим образом. В процессе возведения ограждающей дамбы на подготовленное основание вдоль дамбы укладывается трубчатый или ленточный дренаж, дренажный выпуск, расположенные на основании. Непосредственно над дренажом и дренажным выпуском расположен пульпопровод, размещенный в грунте утепляющей пригрузки.

Фильтрационный сток из гидроотвала поступает в дренаж и по дренажному выпуску направляется в соответствующую емкость, в естественный водоем или на очистные сооружения. Одновременно по пульпопроводу подается теплая пульпа. Совместное влияние тепла, содержащегося в фильтрате и в пульпе, обеспечивает незамерзаемость дренажа и выпуска. Дополнительную тепловую защиту всей дренажной системы обеспечивает и утепляющая пригрузка, т.е. все отмеченное выше способствует тому, что глубина сезонного промерзания пригрузки не достигает дренажа.

Сущность технического решения заключается прежде всего в том, что трубопровод (пульпопровод), по которому подается на гидроотвал гидросмесь имеющих положительную температуру отходов промышленных предприятий (пульпа), прокладывается совместно с дренажом и дренажным выпуском. Благодаря этому тепловому воздействию и в сочетании с фильтрационным потоком, поступающим в дренаж, в грунте вокруг дренажа и выпуска поддерживается талая зона, в результате чего обеспечивается незамерзаемость всех элементов дренажа и, соответственно, устойчивость ограждающей дамбы, а, следовательно, и надежность работы гидроотвала без дополнительных энергозатрат.

Формулы для расчета зоны оттаивания мерзлых грунтов вокруг трубопроводов и каналов:

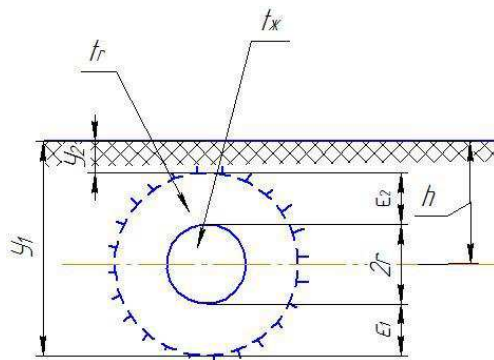


Рисунок 3.2 – Подземная труба (стальная) без теплоизоляции.

Расчетные формулы:

$$\xi_1 = y_1 - h - r \quad (7)$$

$$\xi_2 = h - y_2 - r \quad (8)$$

Значения y_1 и y_2 находятся из равенства

$$\frac{y + \sqrt{h^2 - r^2}}{y - \sqrt{h^2 - r^2}} = \sqrt{\exp \left(\frac{-2t_r \ln \frac{2h}{r}}{\frac{\lambda_T \cdot t_{жс}}{\lambda_M} - t_r} \right)} \quad (9)$$

В правой части равенства мы имеем радикал. Извлекая корень, получим два значения – положительное и отрицательное. Отсюда будем иметь два значения y (y_1 и y_2).

Труба диаметром 150 мм уложена в грунт на глубину 1,6 м. Пусть минимальная температура грунта $t_r = -7^\circ\text{C}$. Коэффициенты теплопроводности грунта $\lambda_M = 1,08$ и $\lambda_T = 0,85$ ккал/(м ч $^\circ\text{C}$). $t_{жс} = 5^\circ\text{C}$.

$$\frac{y + \sqrt{1,6^2 - 0,075^2}}{y - \sqrt{1,6^2 - 0,075^2}} = \sqrt{\exp \left(\frac{-2 \cdot (-7) \ln \frac{2 \cdot 1,6}{0,075}}{\frac{0,85 \cdot 5}{1,08} - (-7)} \right)}$$

Или $\frac{y + 1,6}{y - 1,6} = \sqrt{\exp(4,806)} = \sqrt{122} = \pm 11,05$, откуда $y_1 = 1,92$ м и $y_2 = 1,33$ м;

Далее находим толщину талика:

Под трубой $\xi_1 = 1,92 - 1,60 - 0,075 = 0,26$ м;

Над трубой $\xi_2 = 1,60 - 1,33 - 0,075 = 0,20$ м.

Пульпопровод

Потребная температура в конечном сечении пульпопровода:

Октябрь $t_2 = 1,76^\circ\text{C}$;

Ноябрь $t_2 = 1,66^\circ\text{C}$;

Декабрь $t_2 = 0,86^\circ\text{C}$;

Январь $t_2 = 1,9^\circ\text{C}$;

Февраль $t_2 = 1,48^\circ\text{C}$;

Март $t_2 = 2,86^\circ\text{C}$;

Апрель $t_2 = 2,28^\circ\text{C}$.

Длина стального пульпопровода $L = 1747$ м.

Внутренний диаметр $d_{\text{в}} = 0,168$ м.

Наружный диаметр $d_{\text{н}} = 0,184$ м.

Скорость движения пульпы:

$$U = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 265,45}{3,14 \cdot 0,168^2} = 11930 \text{ м/ч} = 3,3 \text{ м/с.}$$

Гидравлическое сопротивление:

$$I_{\text{гв}} = 0,026$$

Пульпопровод изолирован минераловатой с толщиной слоя 100 мм.

Наружный диаметр пульпопровода с изоляцией $d_{\text{ни}} = 0,384$ мм.

Коэффициент теплопроводности:

Минераловаты = 0,037;

Стали = 45,2.

Проводится температурный расчет:

На октябрь:

$$\alpha_{\text{с}} = \frac{1740 \cdot Q^{0,8}}{d_{\text{с}}^{1,8}} \quad (10)$$

$$\alpha_{\text{с}} = \frac{1740 \cdot 0,0737^{0,8}}{0,168^{1,8}} = 5394$$

$$\alpha_{\text{н}} = \frac{4,3 \cdot (0,8 + U_{\text{с}})}{d_{\text{н}}^{0,3}} \quad (11)$$

$$\alpha_{\text{н}} = \frac{4,3 \cdot (0,8 + 7,1)}{0,184^{0,3}} = 56,6$$

$$\alpha_{\kappa} = \left(\frac{1}{5394} + \frac{0,168}{56,6 \cdot 0,184} + \frac{0,168}{2 \cdot 45,2} \cdot \ln \frac{0,184}{0,168} + \frac{0,184}{2 \cdot 0,037} \cdot \ln \frac{0,384}{0,184} \right)^{-1} = 0,543$$

$$\delta' = \frac{\pi \cdot d_{nu} \cdot \alpha_{\kappa} \cdot L}{C \cdot \rho \cdot Q} \quad (12)$$

$$\delta' = \frac{3,14 \cdot 0,384 \cdot 0,543 \cdot 1747 \cdot 3600}{1050 \cdot 3910 \cdot 265,45} = 0,0038$$

$$\varphi' = \frac{8 \cdot \rho \cdot Q^3 \cdot I_{ny}}{\pi^3 \cdot d_{\epsilon}^5 \cdot d_{nu} \cdot \alpha_{\kappa} \cdot (-t_{\epsilon})} \quad (13)$$

$$\varphi' = \frac{8 \cdot 1050 \cdot 0,0737^3 \cdot 0,026}{3,14^3 \cdot 0,168^5 \cdot 0,384 \cdot 0,537 \cdot 27} = 3,78$$

$$t_2 = t \cdot e^{-\delta' \cdot \frac{x}{L}} + t_{\epsilon} \cdot (1 - \varphi') \cdot \left(1 - e^{-\delta' \cdot \frac{x}{L}} \right) \quad (14)$$

$$t_2 = 1,76 \cdot e^{-0,0038} - 27 \cdot (1 - 3,78) \cdot (1 - e^{-0,0038}) = 2,49^{\circ} \text{ C}$$

Аналогичные расчеты проведенные на другие месяцы дали результаты:

Ноябрь: $t_2 = 2,28^{\circ} \text{ C}$;

Декабрь: $t_2 = 1,46^{\circ} \text{ C}$;

Январь: $t_2 = 2,43^{\circ} \text{ C}$;

Февраль: $t_2 = 1,81^{\circ} \text{ C}$;

Март: $t_2 = 3,45^{\circ} \text{ C}$;

Апрель: $t_2 = 2,91^{\circ} \text{ C}$.

Таким образом, потребная температура в багерной насосной должна составлять:

В октябре $\geq 2,49^{\circ} \text{ C}$;

В ноябре $\geq 2,28^{\circ}\text{C}$;

В декабре $\geq 1,46^{\circ}\text{C}$;

В январе $\geq 2,43^{\circ}\text{C}$;

В феврале $\geq 1,81^{\circ}\text{C}$;

В марте $\geq 3,45^{\circ}\text{C}$;

В апреле $\geq 2,91^{\circ}\text{C}$.

Температура пульпы на выходе из главного корпуса составляет $3,68^{\circ}\text{C}$, при этом потребная температура пульпы в багерной насосной станции составляет на различные месяцы от $1,46^{\circ}\text{C}$ до $3,45^{\circ}\text{C}$.

При проведении расчетов использовались данные по аналогам Анадырская, Интинская, Воркутинская ТЭЦ, так же принят ряд допущений обусловленных отсутствием подробных проектных и натурных данных, в частности процессов ледообразования в отстойном пруду, что может отличить полученные температуры от потребных. Учитывая, что разница в потребной температуре пульпы в багерной насосной станции и на выходе из главного корпуса ТЭЦ составляет минимально $0,23^{\circ}\text{C}$, необходимо устройство «Спутника», применение которого позволит повысить гарантированные температуры и обеспечит безаварийную эксплуатацию системы гидрозолоудаления Анадырской ТЭЦ.

В приведенных данных аналога, полученной температуры достаточно для того, чтобы обеспечить защиту от промерзания дренажа. Черногорская ТЭЦ находится южнее, чем его аналог, а, следовательно, полученной температуры будет вполне достаточно, для обеспечения защиты от промерзания дренажа.

Таблица 3.1 – Геохимический состав ЗШМ.

Характеристика	Наименование материала			
	Суглинистый грунт основания	ЗШМ из золошлаковой зоны	Зольные отложения из зоны	Зольные отложения подводного намыва

				надводно-го намыва	
Плотность сухого материала кг/м ³		1600,0	950,0	814,0	720,0
Массовая влажность, доли ед.		0,230	0,150 0,350	0,2000 0,5500	0,700
Коэффициент теплопроводности, Вт/м×К	В талом сост.	1,580	0,280 0,440	0,3200 0,5700	0,690
	В мерзлом сост.	1,690	0,500 0,900	0,6200 1,2330	1,300
Коэффициент температуропроводности, м ² /ч	В талом сост.	0,0017	0,0012 0,0009	0,0014 0,0011	0,0013
	В мерзлом сост.	0,0026	0,0022 0,0030	0,0029 0,0027	0,0027
Удельная теплоемкость, Вт×ч/кг×К	В талом сост.	0,4600	0,2130 0,4000	0,2350 0,4250	0,4250
	В мерзлом сост.	0,4600	0,2100 0,2300	0,2100 0,2400	0,2400

Таблица 3.2 – Расчетные физико-механические и теплофизические свойства.

Химический состав ЗШМ, %	Наименование материала и место отбора проб				
	ЗШМ на выходе с ТЭЦ	ЗШМ с надводного откоса намыва	Зола с подводного откоса намыва	ЗШМ из золошлаковой зоны	Зола с надводного откоса намыва
<i>CaO</i> _{своб}	0,0	0,0	0,0	0,64	0,0
<i>SiO₂</i>	51,0	61,27	36,01	59,0	61,31
<i>Al₂O₃</i>	33,0	20,92	21,48	18,78	17,70
<i>Fe₂O₃ / FeO</i>	5 / -	9,932 / -	7,39 / -	10,29 / -	8,64 / -
<i>CaO</i>	5,80	1,56	1,49	2,76	3,64
<i>MgO</i>	0,50	1,85	1,77	2,98	2,66
<i>SiO₃</i>	0	0,55	0,55	1,45	1,82
<i>TiO₂</i>	1,50	0,97	0,98	0,99	0,85
<i>K₂O</i>	0,70	2,15	2,16	1,21	1,35
<i>Na₂O</i>	2,50	0,69	0,66	1,52	1,67
<i>P₂O₅</i>	0	0,78	0,73	0,20	0,12
<i>MnO</i>	0	0,16	0,10	0,18	0,24

Расчет ореола оттаивания вокруг пульпопровода в зимнее время

Расчет ореола оттаивания вокруг пульпопровода в зимнее время выполняется по формуле (15):

$$d_T = \exp \frac{\ln[d_2 + 2(\delta_r + \delta_c)] - 2,8 \frac{t_B}{t_n} \ln d_2}{1 - 2,8 \frac{t_B}{t_n}} \quad (15)$$

где d_T - диаметр ореола оттаивания грунта, м;

d_2 - наружный диаметр трубы, м;

δ_r - толщина слоя грунта над трубой, м;

δ_c - средняя расчетная высота снегового покрова, м;

t_B - температура воздуха, °С;

t_n - температура пульпы, °С.

В примере расчета ореола оттаивания по формуле (9) температура пульпы в начале расчетного участка принята равной $t_n = 5$ °С. Пульпопровод диаметром $d_2 = 0,6$ м сверху засыпан слоем грунта толщиной слоя $\delta_r = 2$ м. Коэффициенты теплопроводности грунта насыпи $\lambda_M = 1,51$ ккал/(м · ч · °С) и $\lambda_T = 1,16$ ккал/(м · ч · °С). Диаметр ореола оттаивания грунта получен равным 0,7 м.

3.4 Совместный расчет двух трубной системы- золопровода и дренажа

Температурное поле вокруг двух труб — дренажной и гидротранспортной (рисунок 3.3.) может быть рассчитано по формуле (16):

$$t = t_0 + \frac{q_1}{2\pi\lambda_{\text{гр}}} \ln \sqrt{\frac{x^2+(y+h)^2}{x^2+(y-h)^2}} + \frac{q_2}{2\pi\lambda_{\text{гр}}} \ln \sqrt{\frac{(x-b)^2+(y+h)^2}{(x-b)^2+(y-h)^2}} \quad (16)$$

где q_1 и q_2 — удельные тепловые потери первого и второго трубопроводов. Вт/м (эти величины рекомендуется определять по данным натурных наблюдений, учитывающим реальные теплотери);

$\lambda_{\text{гр}}$ - теплопроводность грунта Вт/(м · °С);

b - толщина дренажного слоя, м;

x, y - шаг по горизонтали и вертикали.

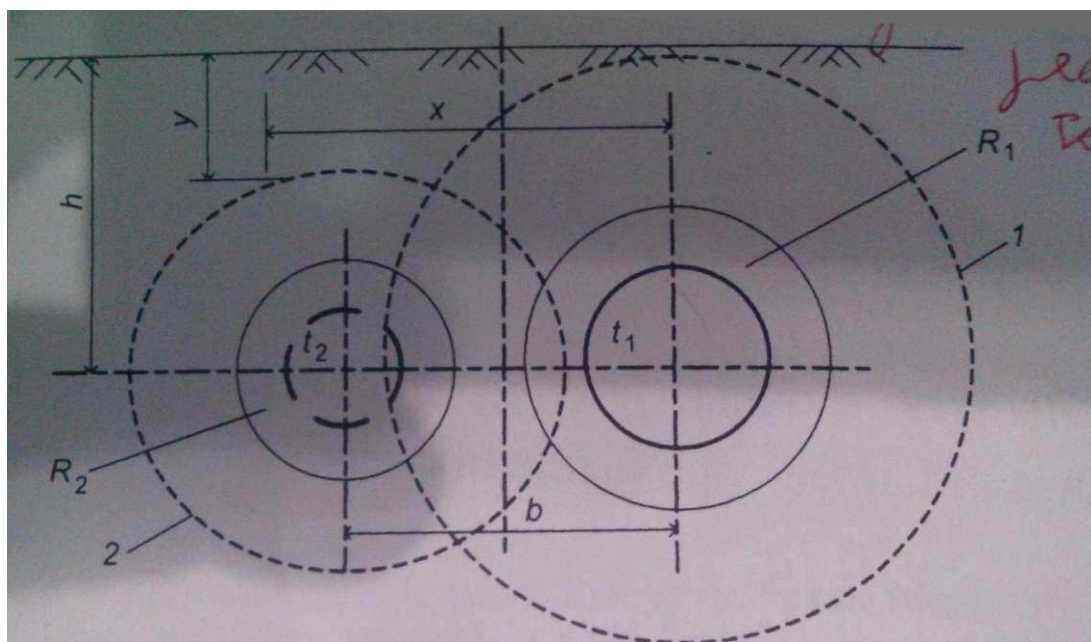


Рисунок 3.3 - Температурное поле вокруг двух труб — дренажной и гидротранспортной

Расстояние x принимается от оси дренажной трубы, в которой протекает теплоноситель с меньшей температурой. Расчетная температура окружающей среды для зимнего периода принимается равной наинизшей среднемесячной

температуре грунта на глубине заложения оси дренажной и гидротранспортной труб. В нашем случае эта глубина равна $H = 1,5$ м; диаметр гидротранспортной трубы $d_1 = 0,6$ м; диаметр дренажной трубы $D_2 = 0,3$ м; толщина дренажного слоя $b = 0,8$ м; теплопроводность дренажного слоя $\lambda_{из} = 2,57$ Вт/(м · °С); температура пульпы в гидротранспортной трубе $t_1 = 10$ °С, температура фильтрата в дренажной трубе $t_2 = 3$ °С; температура грунта на оси заложения труб $t_0 = 2$ °С; теплопроводность грунта дамбы $\lambda_{гр} = 5,7$ Вт/(м · °С); коэффициент теплообмена $\alpha = 12$ Вт/(м² · °С).

Температурное поле, возникающее вокруг одновременно работающих дренажной и гидротранспортной труб, приведено на рисунке 3.3. Из расчета следует, что температура грунта на данной глубине заложения труб в среднем равна 5 °С. Таким образом, благодаря совместной укладке пульпопровода и дренажа можно сэкономить на устройстве теплоизоляционного слоя и полностью исключить энергозатраты на иные способы обогрева дренажной системы.

3.5 Расчет сезонного промерзания грунта тела дамбы над плоским дренажом

Для учета тепла, переносимого фильтрационным потоком в слое плоского дренажа, воспользуемся критерием φ , предложенным Н. В. Уховой

Этот критерий определяется формулой (17):

$$\varphi = \frac{\lambda_э}{\lambda} \quad (17)$$

где λ – коэффициент теплопроводности зернистого материала дренажа (гравий, щебень, крупный песок, шлак и тд.), мккал/ м. сут. град. (применение этой размерности до настоящего времени допускается СНиП);

λ_3 - коэффициент эффективной теплопроводности водонасыщенного дренажного слоя при совместном теплообмене за счет конвекции и теплопроводности.

Если $\varphi = 1$, конвекция отсутствует и $\lambda_3 = \lambda$. При $\varphi > 1$ начинает проявляться влияние конвекции при фильтрации в порах дренажного материала. Тогда по известным значениям φ и λ определяется λ_3 и расчет теплообмена в материале дренажа ведется по законам теории теплопроводности с использованием в формулах вместо коэффициента λ коэффициента λ_3 .

Для практических расчетов в теле ограждающей дамбы золоотвала используется следующая формула (18):

$$\varphi - 1 = 3,3 \cdot 10^{-5} \frac{Kh}{\lambda} \quad (18)$$

где K - коэффициент фильтрации грунта, м/сут;

h - толщина фильтрующего слоя, м.

Так как $\lambda(\varphi - 1) = \lambda_3 - \lambda$, то при известном λ можно определить увеличение коэффициента теплопроводности за счет конвекции.

Если $\lambda_3 - \lambda < 30\%$ от λ , то этим увеличением в расчетах низконапорных сооружений можно пренебречь. В противном случае расчет следует вести по значению эффективной теплопроводности.

Глубокие экспериментальные исследования этого вопроса выполнены В. Г. Гольдманом.

Массо- и теплоперенос при фильтрации представляет собой единый процесс, поскольку оба явления протекают взаимосвязано, поэтому перенос жидкости и тепла не представляется возможным рассматривать отдельно. Во-первых, даже при ламинарном режиме фильтрации происходит значительное перемешивание жидкости, движущейся по беспорядочно расположенным порам и обтекающей частицы грунта. Это существенно усиливает

теплоперенос по нормали к общему направлению фильтрационного потока и, следовательно, оказывает влияние на формирование температурного поля.

Во- вторых, как известно, коэффициент фильтрации зависит от температуры, а последняя всегда различна в сечении фильтрационного потока, движущегося по поверхности мерзлого грунта в случае фильтрационно-дренажного оттаивания.

Наконец, по-видимому, имеет значение также явление диффузии, обусловленное большими градиентами температуры в направлении нормальном к поверхностям потока.

Методика экспериментального исследования в данном случае заключалась в моделировании процесса массо- и теплопереноса при условиях, которые подобны натурным, имеющим место при искусственном оттаивании мерзлых пород.

Дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье для однородных и изотропных твердых тел, когда отсутствуют внутренние источники или стоки тепла, записывается следующим образом (19):

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial \tau} = \text{grad } \vartheta = a \nabla^2 \vartheta, \quad (19)$$

где ϑ - температура; τ - время; ∇^2 - оператор Лапласа; a - коэффициент температуропроводности (20):

$$a = \frac{\lambda}{c\gamma}, \quad (20)$$

где λ - коэффициент теплопроводности; $c\gamma$ - объемная теплоемкость вещества твердого тела.

Дифференциальное уравнение теплопроводности в движущейся среде- уравнение Фурье- Кирхгофа для стационарного состояния (установившийся

гидравлический и тепловой режимы при постоянных прочих условиях) и в векторной форме имеет следующий вид (21):

$$\bar{u} = grad \vartheta = a_k \nabla^2 \vartheta, \quad (21)$$

где \bar{u} - вектор скорости фильтрации; a_k - коэффициент конвективной температуропроводности (22):

$$a_k = \frac{\lambda_T}{c_B \gamma_B}, \quad (22)$$

В отличие от выражения (20) здесь коэффициент теплопроводности λ_T относится к талому грунту, насыщенному спокойной водой, как целому телу без разделения на составляющие, а $c_B \gamma_B$ - объемная теплоемкость только жидкости (воды).

Уравнение (21), с интерпретацией коэффициента a_k по выражению (22), справедливо для случаев ламинарного движения воды без перемешивания и диффузии. На основе анализа экспериментальных данных, показывавших незначительную роль диффузии, было предложено учесть явление перемешивания путем замены коэффициента a_k в уравнении (21) на коэффициент $a_{\text{э}}$ - эффективный коэффициент конвективной температуропроводности, выразив его следующим образом (23):

$$a_{\text{э}} = \frac{\lambda_T + Du}{c_B \gamma_B}, \quad (23)$$

где u - скорость фильтрации; D - коэффициент теплового рассеяния фильтрационного потока, с единицей измерения ккал/м² · град.

При этом эффективный коэффициент конвективной теплопроводности (24):

$$\lambda_3 = \lambda_T + Du. \quad (24)$$

Определив значение λ_3 из опыта, имеем возможность вычислить коэффициент D при известном λ_T . Ближайшей задачей является, по мнению авторов, накопление достаточного количества экспериментальных данных по теплопереносу при фильтрации в грунтах различного состава, как искусственно подобранного, так и естественного. Кстати, в процессе экспериментальных исследований попутно будет решен важный вопрос о величине коэффициента теплопроводности λ_T .

Довольно подробные данные о величине коэффициента теплопроводности песчаных и глинистых грунтов с различной влажностью, находящихся в талом (λ_T) и мерзлом (λ_M) состояниях имеются в технических условиях СН 91-60. Они рекомендуются для определения глубины оттаивания мерзлых грунтов в основании зданий и сооружений, но, по-видимому, не могут быть рекомендованы для расчетов по искусственному оттаиванию мерзлых пород. В лучшем случае они нуждаются в дополнительном экспериментальном подтверждении, так как выполненные авторами определения показывают существенно меньшие значения указанного коэффициента для талых песчаных грунтов, сухих и насыщенных водой.

Опыты по исследованию особенностей массо- и теплопереноса при фильтрации были выполнены в ВНИИ-1В.Г.Гольдманом. Условия и результаты всех опытов приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Результаты опытов по определению эффективности коэффициента теплопроводности

Обозначение и название величин	Единица измерения	Количественное выражение величин в разных сериях опытов:					
		1	2	3	4	5	6
d- диаметр зерен грунта, от-до	мм	0,05-80	5-60	0,05-3	0,21-1,68	1,68-5,3	5-60
d ₁₀ - эффективный диаметр	мм	2,5	15	0,17	0,26	2,35	12,5

Коэффициент неоднородности	-	8,2	2,13	2,35	4,23	1,28	1,36
$K_{ф,10}$ - коэффициент фильтрации при температуре воды 10°C	м/час	14,5	105	1,15	1,30-1,61	71,2	101
$\gamma_{уд}$ - удельный вес скелета грунта	кг/м ³	2700	2700	2750	2743	2760	2700
$\gamma_{ск}$ - объемный вес сухого скелета	кг/м ³	1720	1830	1960	1705	1620	1650
$C_{ск}$ - удельная теплоемкость скелета, по справочным данным и отдельным определениям при опытах	$\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$	0,2	0,2	0,2	0,19	0,19	0,2
w- весовая влажность	%	19,8	17,5	14,3	22,47	25,29	23,6
Пористость	доли единицы	0,34	0,32	0,28	0,38	0,41	0,39
$C_{т \gamma_t}$ - объемная теплоемкость	$\frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \cdot \text{град}}$	-	-	-	706,9	717,6	-
λ_t - коэффициент теплопроводности грунта, насыщенного спокойной водой	$\frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$	1,65 - 2,94	1,6	1,3	1,07	1,35	1,2
Количество опытов в серии	-	17	5	4	14	8	6
u- скорость фильтрации, от- до	м/час	0-1,1	0-1,61	0,05-0,028	0,26-1,10	1,0-4,1	0,43-9,2
ϑ_n - начальная температура воды, от- до	°C	4,0-6,1	4,0-10	8-13	5,8-16,8	6,0-11,3	14,3-15,8
ϑ_c - средняя температура воды на сбросе, от- до	°C	-	-	-	3,0-9,5	3,4-8,4	7,3-9,5
ϑ_0 - средневзвешенная температура на граничной поверхности, от- до	°C	0	0	0	1,0-5,7	0,6-5,1	0
λ_3 - наибольшие значения эффективного коэффициента	$\frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$	9	8,6	2,5	3,62	5,85	9,3

конвективной теплопроводности							
D- коэффициент теплового рассеяния фильтрационного потока	$\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$	7,35 6,12	2,5	4,5	2,41	1,08	0,8

Значения $\lambda_T = 2,94$ ккал/м · час · град и $D = 6,12$ ккал/м² · час в колонке 3 относятся к случаю с горизонтальным расположением охлаждающей плиты в лотке, тогда как соответственно значения 1,65 и 7,35 относятся к вертикальному положению этой плиты, то есть сбоку горизонтального фильтрационного потока.

Следует отметить, что результаты лабораторного моделирования массо- и теплопереноса при фильтрации подтверждают наличие существенного конвективного теплопереноса в направлении, нормальном к поверхностям тока в фильтрационном потоке. Это явление зафиксировано опытами в интервале скоростей фильтрации 0,1- 9 м/час, при температурах от 0 до 16 °С в песке, гравии и мелком галечнике, в условиях горизонтальной и вертикальной (восходящей) фильтрации, при горизонтальном и вертикальном положении охлаждающей поверхности.

Промерзание внешнего откоса дамбы над дренажом при отсутствии его попутного обогрева при гидротранспорте золовой пульпы определяется по формуле Стефана (25):

$$h_M = \sqrt{\frac{2\lambda_M(-t_M)\tau}{\rho W \gamma_c}}, \text{ м} \quad (25)$$

где γ_c - объемный вес скелета грунта, кг/м³; λ_M - коэффициент теплопроводности в мерзлом состоянии, мккал/м · сут. град; t_M - среднезимняя температура поверхности промерзающего откоса, °С; W - влажность грунта, доли ед.; τ - время (продолжительность процесса), сут.; ρ - скрытая теплота льдообразования при промерзании грунта, мккал..

Если глубина промерзания за расчетный зимний период достигает дренажа, то для предохранения его от замерзания необходимо переместить дренаж глубже в тело дамбы (что в условиях действующего дренажа невозможно) или предусмотреть обогрев внешнего дренажа (например, по рассмотренному выше способу).

3.6 Фильтры буровых скважин

Назначение фильтров – предохранять стенки скважин от обрушения и в то же время обеспечивать поступление в скважину достаточного количества воды, не содержащей частиц водоносной породы.

Ниже кратко рассмотрены только наиболее распространенные сетчатые, проволочные, гравийные и каркасно – стержневые фильтры буровых скважин.

После вскрытия водоносных горизонтов на выбранных для опробования интервалах ставятся той или иной конструкции фильтры. Тип фильтра выбирается в зависимости от состава пород, слагающих водоносный пласт.

В зависимости от гранулометрического состава песчаных пород, слагающих водоносные пласты, чаще применяются сетчатые, проволочные или гравийные фильтры.

Сетчатый фильтр представляет собой дырчатую или щелистую перфорированную трубу, на которую по спирали или продольными рядами напаяется проволока диаметром 5 мм и более, а поверх проволоки натягивается сетка. Проволочный каркас напаяется на трубу для того, чтобы сетка не прилегала плотно к трубе и вся ее поверхность работала равномерно.

Сетка по концам припаяется к трубе; соединительный шов сетки так же тщательно пропаявается. Сетки фильтров бывают галунного, киперного и квадратного плетения. Применение той или иной сетки обуславливается гранулометрическим составом водоносных песков: галунная сетка обычно применяется для мелкозернистых, киперная – для среднезернистых и

квадратная для крупнозернистых песков. Сетки фильтров, в зависимости от размеров отверстий, различаются по номерам.

Проволочный фильтр отличается от сетчатого тем, что на перфорированную трубу с проволочным каркасом вместо сетки спирально наматывается проволока диаметром 2 – 3 мм.

Наглядное представление о гравийном фильтре в приложении 4. В мелко- и тонко-зернистых песках применяют послойную засыпку: ближе к трубе засыпают крупнозернистый материал, по мере удаления от трубы все более мелкий. Гравийная засыпка подбирается с таким расчетом, чтобы соотношение средних диаметров частиц водоносной породы и частиц засыпки составляло 1:8 – 1:10. Если, например, диаметр частиц водоносной породы 0,5 мм, то гравийная засыпка должна состоять из частиц размером 5 мм.

Опытами по внедрению новых конструкций фильтров, проведенными институтом ВОДГЕО, доказана возможность применения гравийных засыпок разнородного состава. Наилучшие результаты получены при отношении среднего диаметра частиц водоносной породы к среднему диаметру частиц засыпки как 1:10. В этом случае вынос песка при откачках наблюдался только в первые часы работы.

Минимальная толщина гравийной засыпки принимается 50 мм; при большей толщине эффективность работы фильтра увеличивается, а количество выносимого в начальный период песчано-глинистого материала уменьшается.

Для устройства гравийных фильтров необходимо иметь скважины большого диаметра. Это достигается или путем заложения с поверхности скважин большого диаметра, или путем расширения скважин только на интервале установки фильтра.

Для артезианских скважин, пройденных роторным бурением и вскрывшим воду в песчаных пластах, Г. Э. Айрапетяном предложен новый тип гравийного фильтра. В этом фильтре кольцевой зазор между чехлом и фильтрующей поверхностью каркаса из сетки заполняется крупнозернистым

песком и мелким (1,5 – 2,5 мм) гравием, толщина засыпки 5 см. Такого рода фильтр полностью монтируется на поверхности и уже в готовом виде опускается в скважину. Практикой подтверждена целесообразность применения гравийного фильтра, даже при водозаборе из пылеватых и тонкозернистых песков.

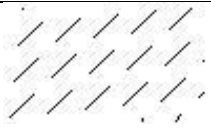
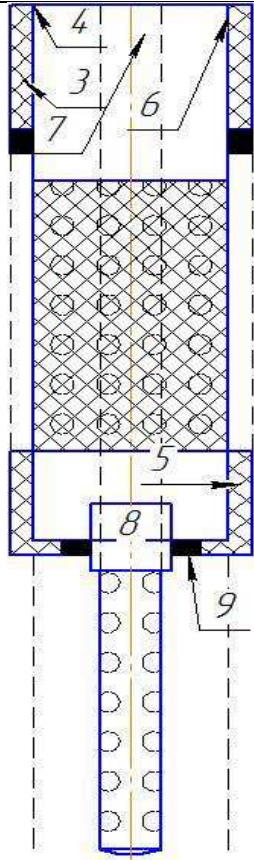

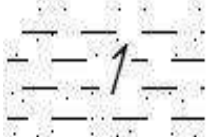

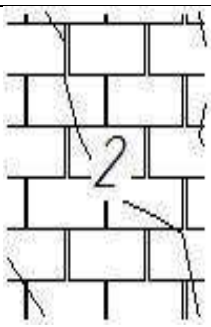
В работе Г.Э. Айрапетяна дано описание и приводятся схемы двухслойных гравийных фильтров. При одновременной эксплуатации двух и более водоносных горизонтов конструкция фильтра значительно усложняется. На рисунке 3.4 приведен разрез скважины, фильтры в которой установлены в водоносных пластах, сложенных песками и известняками.

Медные сетки в последнее время стали заменять более дешевыми диэлектрическими и коррозионно-устойчивыми сетками, изготовленными из пластических масс, стеклянного волокна и т.п.

В устойчивых крепких породах – кристаллических или метаморфических, где движение воды происходит по трещинам, необходимость в установке фильтров отпадает. В неустойчивых скальных породах иногда можно ограничиться установкой перфорированной трубы, предохраняющей стенки скважины от обвала.

В.М. Гаврилко предложил сравнительно простую конструкцию каркасно-стержневого фильтра. Этот фильтр, состоящий из металлических стержней, приваренных к соединительным патрубкам, удобен тем, что он поддается химической и механической очистке при эксплуатации. На поверхность стержневого каркаса спирально наматывается проволока из нержавеющей стали. В сочетании с гравийной засыпкой фильтр имеет большую фильтрующую поверхность. При испытаниях каркасно-стержневых фильтров получены вполне положительные результаты. В.М. Гаврилко считает возможным применять указанные фильтры в скважинах глубиной до 100 м. Весьма эффективным в работе оказался новый тип блочного фильтра, разработанный сотрудниками ВСЕГИНГЕО. Он показал хорошие результаты при откачках из мелко- и тонкозернистых песков.

В некоторых районах оказываются доступными для эксплуатации только подземные воды, текущие в мелкозернистых глинистых и однородных по составу песках. Эксплуатация таких вод затруднена по причине низкой водоотдачи и неустойчивости песков. В этих условиях иногда удовлетворительные результаты дают бесфильтровые скважины, в которые вода поступает через нижний конец обсадных труб.

Описание породы	Мощность слоя, м	Подошва слоя, м		
Суглинок	10	10		
Глина	15	25		
Песок водоносный	30	55		
Глина	10	65		
Известняк водоносный	55	120		

1 – верхний водоносный горизонт (в песчаном пласте); 2 – нижний водоносный горизонт (в известняковой толще); 3 – кондуктор; 4 – первая сетчатая фильтровая колонна труб; 5 – цементная пробка; 6 – зацементированный кольцевой зазор между трубами; 7 – вторая перфорированная фильтровая колонна труб; 8 – муфта с левой резьбой; 9 – пеньковый сальник.

Рисунок 3.4 – конструкция скважины для одновременной эксплуатации двух водоносных горизонтов – в песчаном пласте и известняковой толще (по Г. Э. Айрапетяну)

Устройство таких скважин возможно только на участках с прочной водоупорной кровлей, к породам которой относятся трещиноватые известняки, доломиты, песчаники, опоки, аргиллиты, плотные глины и др. Прочность кровли должна быть достаточной, чтобы противостоять давлению вышележащих пород.

После вскрытия забоем скважины водоносных песков приступают к созданию водоприемной части, представляющей собой воронкообразную полость. Воронку можно создать способом обратной промывки, для чего в скважину до забоя опускают пустотелые штанги, а устье скважины герметически закрывают. В кольцевой зазор между обсадными трубами и колонной штанг нагнетается вода. Нагнетаемая вода размывает на забое скважины песок, который вместе с водой выносится на поверхность через колонну штанг. По мере разработки воронки обсадные трубы и штанги постепенно опускаются.

Водоприемная воронка нередко разрабатывается при помощи эрлифта. При этом хорошие результаты получаются при опускании воздушных труб, через которые поступает сжатый воздух от компрессора до поверхности песка, а подъем воды с примесью песка происходит по кольцевому зазору, образованному обсадными воздушными трубами.

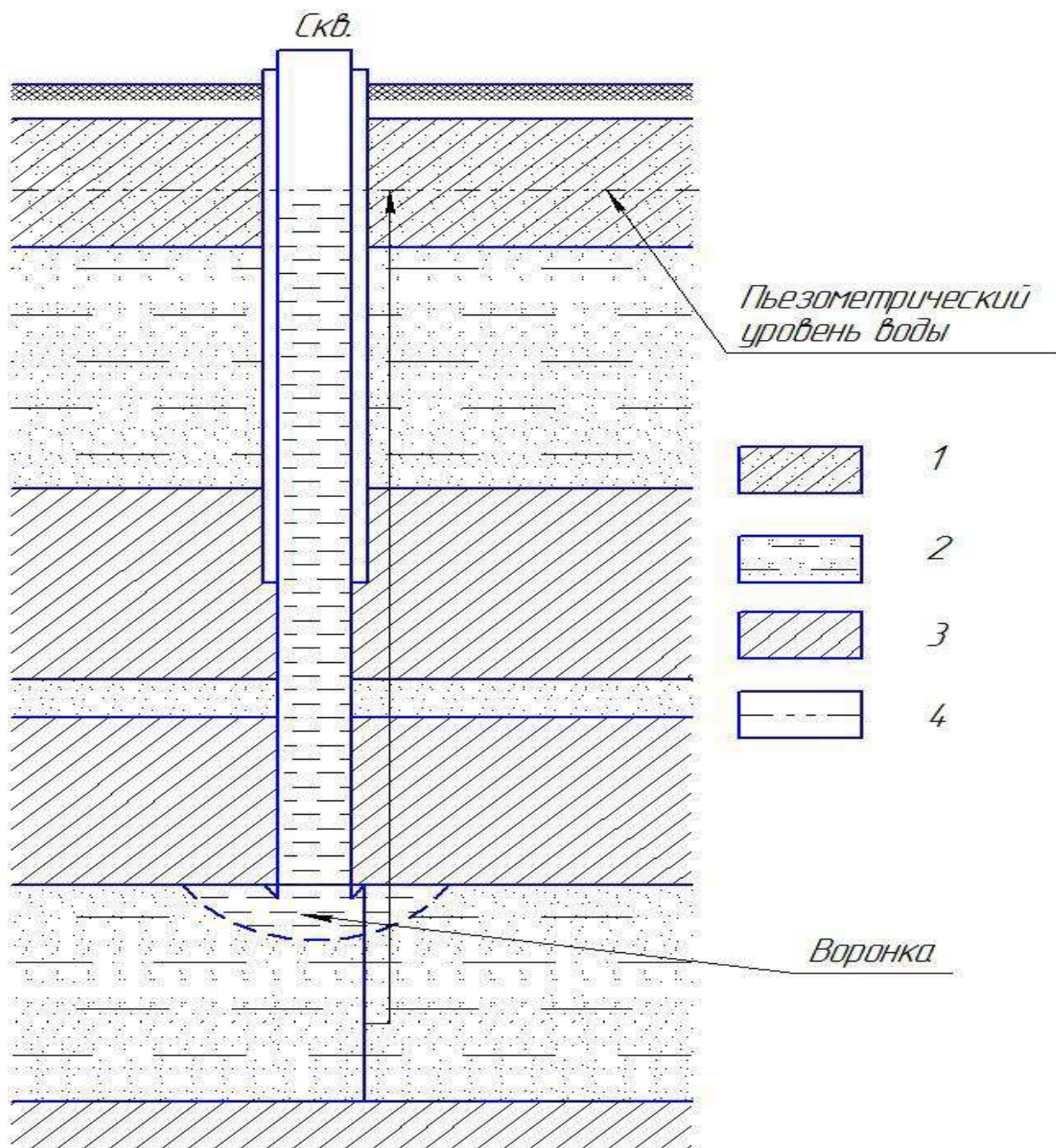
В неглубоких скважинах водоприемную воронку можно создать буровой желонкой с последующей интенсивной прокачкой скважины до полного осветления воды.

Если есть опасение, что породы кровли недостаточно устойчивы и могут со временем обрушиться, рекомендуется водоприемную воронку заполнить крупнозернистым песком или гравием. Диаметр зерен засыпки не должен превышать диаметр частиц водоносного песка более чем в 8 – 10 раз.

При устройстве воронок полезно замерять объем песка, вынесенного на поверхность земли при откачке. Это даст возможность приблизительно определить размеры созданной воронки. Из некоторых скважин при создании воронки извлекается большое количество водоносной породы (песка). Так, из одной скважины г. Курска желонкой и прокачкой было извлечено около 50 м³ песка. Удельные дебиты бесфильтровых артезианских скважин в среднем в два раза больше, чем скважин, оборудованных сетчатыми фильтрами. Установлено, что скважины, оборудованные сетчатыми фильтрами и находившиеся в аналогичных гидрогеологических условиях, за 15 – 20-летний срок работы практически становились безводными.

Бесфильтровые скважины долговечны, так как срок службы их определяется в этом случае износом колонны обсадных труб. Как указывает Т. Н. Елфимов, бесфильтровые скважины Пензенского городского водопровода безотказно действуют по 50 – 60 лет. В ряде пунктов Украинской ССР также успешно в течении многих лет эксплуатируются бесфильтровые скважины. Не следует закладывать бесфильтровые скважины на участках с неглубоким от поверхности положением кровли водоносных песков вблизи ответственных инженерных сооружений, так как могут происходить осадки поверхности по причине обрушения водоупорной кровли водоприемной воронки.

Создание водоприемной воронки в водоносном пласте значительно увеличивает водоприемную часть скважины и ее производительность, что очень существенно, поскольку мелкозернистые глинистые пески имеют весьма низкие водопроводимость и водоотдачу. При помощи бесфильтровых скважин эксплуатируются напорные водоносные горизонты. Для избежания выноса при эксплуатации песчаных и глинистых частиц рекомендуется водоотбор вести равномерно с постоянной величиной понижения уровня, а предварительную откачку вести с производительностью, превышающей эксплуатационный водоотбор.



1 – суглинок; 2 – песок тонко- и мелкозернистый водоносный; 3 – глина плотная;
4 – пьезометрический уровень воды.

Рисунок 3.5 – Схема бесфильтровой скважины в мелко- и тонкозернистых песках.

Типы, конструкций фильтров, род материалов, размеры проходных отверстий и номера сеток устанавливаются в зависимости от характера пород, слагающих водоносные горизонты, и корродирующих свойств воды исходя из требований «Технических условий». Согласно этим условиям, при мощности водоносных горизонтов до 5 м, длина рабочей части фильтра должна

равняться мощности горизонта. Для более мощных водоносных пластов длина рабочей части фильтра l_0 (в м) определяется по формуле:

$$l_0 = \frac{Q_\alpha}{d} \quad (26)$$

где Q – дебит скважины в м³/ч;

α – эмпирический коэффициент, зависящий от гранулометрического состава породы водоносного пласта и коэффициента фильтрации (определяется по таблице приведенной ниже);

d – наружный диаметр фильтра в мм.

Таблица 3.4 – Характеристика песчаной водоносной породы

Характеристика песчаной водоносной породы	Значение коэффициента α
Песок мелкозернистый с коэффициентом фильтрации $K = 2 - 5$ м/сут	90
Песок среднезернистый с $K = 5 - 15$ м/сут	60
Песок крупнозернистый с $K = 15 - 30$ м/сут	50
Гравий с $K = 30 - 70$ м/сут	30

Примечание. При других значениях K величина коэффициента α находится путем интерполяции.

ГЛАВА 4. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА И МОНИТОРИНГ ЗОЛОТВАЛА

4.1 Гидротехнические сооружения и окружающая среда

4.1.1 Критерии безопасности ГТС

Для обеспечения нормальной безаварийной эксплуатации гидротехнических сооружений и оперативной оценки их состояния в течение всего срока эксплуатации необходимо вести натурные наблюдения (пп. 5.1 ПБ 03-438-02).

Своевременная оценка и прогноз безаварийной работы сооружения выполняется на основе критериев безопасности.

Критерии безопасности гидротехнического сооружения - это предельные значения количественных и качественных показателей состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии гидротехнического сооружения и утвержденные в установленном порядке федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственный надзор за безопасностью гидротехнического сооружения.

Критерии безопасности 1-го уровня — значения контролируемых показателей состояния ГТС, определяемые при основном сочетании нагрузок, при достижении которых устойчивость, механическая и фильтрационная прочность ГТС и его основания, а также пропускная способность водосбросных и водопропускных сооружений соответствуют условиям нормальной эксплуатации сооружения.

Критерии безопасности 2-го уровня - значения контролируемых показателей состояния ГТС, устанавливаемые при особом сочетании нагрузок, при превышении (уменьшении) которых эксплуатация ГТС в проектном режиме не допустима, состояние сооружения может перейти в предаварийное.

Критерии безопасности для золоотвала ООО «Хакасский ТЭК» определены специалистами Новационной фирмы «КУЗБАСС-НИИОГР» в соответствии с требованиями действующих нормативных документов. ,

Значения критериев безопасности золоотвала ООО «Хакасский ТЭК» 1-го и 2-го уровней приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Критерии безопасной работы золоотвала «Хакасский ТЭК»

<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение</i>
Критерии безопасности 1-го уровня	
Количественные показатели	
1. Минимальное превышение гребня ограждающих дамб золоотвала и вторичного отстойника, а также разделительной перемычки над уровнем, м: • воды • золы	1,0 0,5
2. Коэффициент запаса устойчивости ограждающих дамб и разделительной перемычки <i>при основном сочетании нагрузок</i>	1,16
3. Допустимое осадки гребня ограждающих дамб и разделительной перемычки (отклонение высотных отметок пикетов от минимально-допустимого положения), мм	150
Качественные показатели	
4. Наличие на откосах (гребне) ограждающих дамб и разделительной перемычки размывов, трещин, просадок, оползней, оплывин и других негативных явлений	0
5. Наличие контактной фильтрации вдоль негрунтовых сооружений (водосбросных коллекторов), проложенных в теле ограждающих дамб и разделительной перемычки	0
6. Снижение пропускной способности (частичное засорение, заиливание и пр.) водосбросных коллекторов, водосбросных и водозаборных колодцев	0
Критерии безопасности 2-го уровня	
Количественные показатели	
1. Минимальное превышение гребня ограждающих дамб золоотвала и вторичного отстойника, а также разделительной перемычки над уровнем, м: • воды • золы	0,5 < 0,5
2. Коэффициент запаса устойчивости ограждающих дамб и разделительной перемычки <i>при особом сочетании нагрузок</i>	1,04
3. Допустимое значение градиента напора фильтрационного потока: • для тел ограждающих дамб и разделительной перемычки • для основания ограждающих дамб	1,36 0,42
4. Максимальные осадки гребня ограждающих дамб и разделительной перемычки (отклонение высотных отметок пикетов от минимально-допустимого положения), мм	500

Окончание таблицы 4.1

Наименование параметра	Значение
Качественные показатели	
5. Развитие на откосах (гребне) ограждающих дамб и разделительной перемычки размывов, трещин, просадок, оползней, оплывин и других негативных явлений	0
6. Вынос частиц грунта из тела ограждающих дамб и разделительной перемычки фильтрационным потоком (суффозия)	5
7. Выход из строя (полное засорение, заиливание и пр.) водосбросных коллекторов, водосбросных и водозаборных колодцев	> 5
8. Нарушение целостности верховых откосов дамб при очистке карт от золы и шлака	8

4.1.2 Проектные значения контролируемых параметров¹ при ведении мониторинга безопасности

При проведении натурных наблюдений помимо критериев безопасности производят сравнение фактических параметров сооружения с проектными контролируемыми значениями (п. 3.5 РД-03-443-02) и составляют годовой отчет о состоянии ГТС (п. 5.10 ПБ 03-438-02).

Под *контролируемыми параметрами* понимают значения характеристик сооружений, отклонения от которых могут привести к нарушению технологического процесса, но не создадут аварийной ситуации.

Ниже приведены основные проектные параметры, которые необходимо контролировать при эксплуатации золоотвала ООО «Хакасский ТЭК» (таблица 4. 2).

4.2 Программа наблюдений

¹ Под *контролируемыми параметрами* понимают проектные значения сооружения, отклонения от которых могут привести к нарушению технологического процесса, но не создадут аварийной ситуации.

Таблица 4.2. Проектные значения контролируемых параметров золоотвала
ООО «Хакасский ТЭК»

<i>Наименование параметра</i>	<i>Значение параметра</i>
1. Минимальный коэффициент заложения низового откоса ограждающих дамб золоотвала и вторичного отстойника	1,75
2. Минимальное заложение верхового откоса ограждающей дамбы золоотвала	1:2
3. Минимальное заложение верхового откоса ограждающей дамбы вторичного отстойника	1:3
4. Минимальное заложение откосов разделительной перемычки	1:2
5. Ширина гребня ограждающей дамбы золоотвала, не менее, м северная, восточная и южная части; западная часть	6,5 8,0
6. Ширина гребня ограждающей дамбы вторичного отстойника, не менее, м	4,5
7. Состав и конструкция водосбросных и водозаборных сооружений (колодцев, коллекторов)	Состояние - <i>работоспособное</i> ; изменения параметров и конструкции сооружений, приводящие к снижению пропускной способности - <i>не допустимы</i>
8. Состояние технологического оборудования и сооружений (трубопроводы, запорная арматура, насосное оборудование и пр.), входящих в систему гидротранспорта и обратного водоснабжения	Работоспособное
9. Состояние водомерных реек, опорных реперов	Работоспособное

Состав и объем натурных наблюдений установлены в зависимости от класса сооружений, их конструктивных особенностей, геологических, климатических и сейсмических условий, а также с учетом условий эксплуатации ГТС.

Для золоотвала ООО «Хакасский ТЭК» с учетом вышеизложенного, а также в соответствии с требованиями «Правил безопасности...» (раздел XI ПБ 03-438-02), предусмотрены следующие виды натурных наблюдений:

- визуальные;
- геодезические (инструментальный контроль состояния ГТС);
- гидрогеологические (контроль фильтрационного режима);

- технологические (контроль заполнения и очистки емкостей золоотвала; контроль технологии гидротранспорта и оборотного водоснабжения; контроль качества осветления технической воды);
- экологические (контроль влияния ГТС на окружающую природную среду).

Специалистов предприятия, ответственных за выполнение натурных наблюдений за состоянием золоотвала, их основные обязанности и права определяет «Инструкция о порядке ведения мониторинга безопасности золоотвала котельной «Центральная» ООО «Хакасский ТЭК», утвержденная руководителем предприятия и согласованная с территориальным органом Ростехнадзора - Управлением по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора по Республике Хакасия.

4.2.1 Визуальные наблюдения

Под визуальными подразумеваются наблюдения, которые производят путем осмотра накопителя с применением простейших измерительных инструментов и записью в соответствующих журналах и актах обо всех замеченных деформациях сооружений и нарушениях в их эксплуатации.

Визуальные наблюдения являются составной частью обязательных натурных наблюдений и имеют целью выявление дефектов сооружений, возможность появления которых не может быть предвидена заранее.

При визуальных наблюдениях на золоотвале ООО «Хакасский ТЭК» необходимо контролировать:

- состояние откосов и гребня дамб: наличие просадок, трещин, подвижек, размывов, оползней, оплывин и других негативных явлений;
- появление на низовом откосе ограждающих дамб выходов фильтрационных вод или мокрых пятен; наличие суффозии;
- зарастание откосов и гребня дамб высокой травой и древесной растительностью;

- уровень воды и шлама в картах;
- состояние и пропускную способность водосбросных и водозаборных сооружений (колодцев, коллекторов): засорение, заиливание;
- образование наледей на водоприемных отверстиях; наличие деформаций, коррозии бетонных и металлических элементов и других негативных явлений;
- состояние пульпопровода и трубопровода осветленной воды: герметичность стыков и швов (течи в стыках), коррозии металлоконструкций, наличие осадок и деформации (трещин, раковин) трубопроводов и опорных устройств, образование наледей на трубопроводах в зимнее время, просадки грунта по трассе трубопроводов;
- исправность технологического оборудования (насосов, запорной арматуры и пр.);
- состояние золы и шлама в картах золоотвала (пыление);
- состояние средств контроля и измерений: водомерных реек (погнутость, оцифровка); опорных реперов и (или) пунктов опорной маркшейдерской или государственной геодезической сети (целостность, неподвижность);
- наличие и целостность предупредительных (запрещающих) плакатов, установленных вокруг золоотвала, в местах подъездов и возможных подходов к ГТС;
- наличие в санитарно-защитной зоне² посторонних людей, а также объектов, не связанных с эксплуатацией золоотвала.

Визуальные наблюдения за общим состоянием гидротехнических сооружений и прилегающих к ним участков местности следует проводить *ежедневно*; во время ливневых дождей – *ежесменно*.

² Размер санитарно-защитной зоны для ГТС ООО «Хакасский ТЭК» равен 300 м согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1 Л200-03.

После землетрясений, бурь, сильных и продолжительных дождей необходимо производить *внеочередной осмотр* гидротехнических сооружений и прилегающей к ним территории.

Согласно требованиям п. 11.4 ПБ 03-438-02, результаты визуальных наблюдений за состоянием сооружений, а также сведения обо всех обнаруженных при осмотрах и обследованиях недостатках заносят в «Журнал визуальных наблюдений». К журналу прилагают план золоотвала, на котором отмечают все участки, где в процессе эксплуатации произошли нарушения технического состояния сооружений с указанием характера нарушения и даты.

Ответственный за техническое состояние гидротехнических сооружений, должен *еженедельно* проверять «Журнал визуальных наблюдений» и делать записи о принятых мерах по устранению выявленных недостатков и их исполнению (и. 11.4 ПБ 03-438-02).

В случаях, когда при визуальных наблюдениях обнаружен процесс начавшихся деформаций сооружений (осадки, просадки, провалы, трещины, выпучивание отдельных участков тела или основания дамб и т. п.), на этих участках устанавливают инструментальные наблюдения. Наблюдения проводят до стабилизации или полного затухания обнаруженной деформации. При обнаружении опасных деформаций должны быть *немедленно* приняты меры по их устранению (п. 11.6 ПБ 03-438-02).

Особо тщательному осмотру должен подвергаться участок дамбы золоотвала от ПК 9 до ПК 11, так как гидродинамическая авария, вызванная образованием прорана в теле дамбы на данном участке, может привести к гибели незащищенных людей и ущербу сторонней организации ООО «Хакасская Стройиндустрия».³

Не реже двух раз в год (как правило, весной, перед прохождением паводка, в целях проверки готовности ГТС к эксплуатации в паводковый

³ Экспертное заключение № 03-2008 по оценке технического состояния и безопасности гидротехнических сооружений ООО «Хакацкий ТеплоЭнергоКомплекс» / Новационная фирма «КУЗБАСС-НИИОГР» - Кемерово, 2008.

период и осенью в целях проверки состояния и подготовки ГТС к нормальной эксплуатации в осенне-зимний период) необходимо проводить комиссионные обследования общего состояния ГТС (п. 5.6 ПБ 03-438-02). Комиссию назначают приказом по предприятию, а результаты комиссионных обследований оформляют актами (п. 5.6 ПБ 03-438-02), на основании которых издают приказы, определяющие сроки и ответственных лиц за выполнение предложенных комиссией мероприятий.

4.2.2 Геодезический контроль состояния ГТС

На золоотвале ООО «Хакасский ТЭК» геодезический (маркшейдерский) контроль включает (п. 11.7 ПБ 03-438-02):

- геодезические измерения положения нуля водомерных реек;
- проверку опорных реперов от государственной геодезической сети;
- измерение осадок дамб;
- контрольные промеры геометрических размеров сооружений;
- топографические и дополнительные съемки ГТС.

Проверку положения нуля водомерных реек, установленных в картах золоотвала и вторичном отстойнике, необходимо выполнять ежегодно (апрель – май) проложением нивелирного хода от опорного репера или пункта опорной маркшейдерской сети со средней квадратической погрешностью 10 мм.

Результаты высотной привязки нуля водомерных реек следует отражать в «Журнале наблюдений за уровнем воды».

Проверку опорных реперов от государственной геодезической сети производят не реже одного раза в 5 лет (п. 11.9 ПБ 03-438-02) по методике полигонометрии не ниже 2 разряда (средняя квадратическая погрешность (СКП) угловых измерений 10", линейных 1:5000) и нивелирования IV класса (средняя квадратическая погрешность определения высотных отметок 10 мм).

Измерение осадок дамб по пикетам, необходимо производить *ежегодно* (апрель-май), а также в случае изменения отметок гребня дамб в результате проведения профилактических и текущих ремонтных работ (отсыпка, планировка гребня и пр.).

Высотные отметки пикетов (согласно п. 8.6 ПБ 03-438-02 пикеты должны быть обозначены на дамбах) следует определять от опорных реперов по

методике технического нивелирования, путем проложения замкнутого нивелирного хода. При необходимости, определяют также высотные отметки гребня дамб в характерных местах (локальные просадки, деформации и пр.).

Нивелирование выполняют по двум шкалам реек. Расхождение в превышениях на станции, определенным по черным и красным сторонам реек, не должно превышать *10 мм*. Невязка хода определяется по формуле

$$f_{don} = 5\Phi T \text{ или } f_{don} = 104n \text{ (при числе станций на 1 км более 25),} \quad (27)$$

где f_{don} - допустимая невязка хода, мм;

L - длина хода, км;

n число станций в ходе. Отметки пикетов определяются с точностью до 0,5 см.

Результаты измерений следует заносить в «Журнал оперативных наблюдений за положением гребня дамб...»

По результатам нивелирования строят продольный профиль дамб с указанием на них фактического и минимально-допустимого положения гребня.

Ведение электронной версии журнала наблюдений позволяет оперативно контролировать минимальное превышение гребня дамб над уровнем воды в картах золоотвала и вторичном отстойнике.

На участках дамбы, где обнаружены местные просадки, необходимо производить подсыпку гребня грунтом, из которого отсыпана дамба (п. 9.12 ПБ 03-438-02). Перед этим, предварительно необходимо взрыхлить верхний

слой; затем произвести подсыпку слоями с тщательным уплотнением специальной техникой или вручную. Не допускается производить ремонт дамбы мерзлым или излишне увлажненным грунтом.

В случаях, когда инструментальными наблюдениями выявлены возрастающие или не затухающие во времени деформации отдельных участков ограждающих сооружений и их основания, необходимо *немедленно* вызвать представителей проектной организации и (или) Регионального аналитического центра по мониторингу безопасности для выяснения причин и разработки мероприятий, обеспечивающих безаварийную работу сооружений (п. 11.8 ПБ 03-438-02).

Контрольные промеры геометрических размеров сооружений производят в случае изменения их контуров (наращивание или ремонт дамб, деформации сооружений и т.д.). Контроль ширины дамб производят рулеточным замером через каждые 20, м по ее длине. Крутизну откосов определяют по результатам топографической (пополнительной) съемки.

Пополнительные съемки ГТС производят по мере необходимости (ремонт сооружений, перенос трубопроводов, появление видимых признаков деформаций сооружений и т.д.), но не реже *одного раза в пять лет* в масштабе не мельче 1:1000.

Топографические съемки ГТС производят по мере необходимости (подготовка объекта к реконструкции, консервации или ликвидации, строительство автодорог и др. объектов вблизи площадки ГТС и т.д.) в соответствии с требованиями «Инструкции по топографической съемке...» (ГКИНП-02-033-82).

4.2.3 Наблюдения за фильтрационным режимом

Наблюдениями за фильтрационным режимом на ГТС ООО «Хакасский ТЭК» устанавливают:

- местоположение выхода фильтрационных вод на низовом откосе

ограждающих дамб, наличие суффозии;

- расход и мутность фильтрационных вод (при наличии фильтрации) со стороны низового откоса ограждающих дамб.

Наблюдения за положением выхода фильтрационных вод со стороны низового откоса ограждающих дамб золоотвала и вторичного отстойника следует производить визуально, ежедневно (в период ливневых дождей и паводка — ежесменно).

При наблюдениях контролируют: насыщение низового откоса фильтрационной водой, появление мокрых пятен, высачивания воды на откос, признаки суффозии (вынос мелких частиц грунтов из тела дамбы).

Результаты наблюдений заносят в «Журнал визуальных наблюдений».

В нормальном режиме эксплуатации золоотвала ООО «Хакасский ТЭК» *очагов фильтрации со стороны низового откоса, ограждающих дамб, а также у их подножий быть не должно.*

При обнаружении очагов фильтрации на низовом откосе или у подножья ограждающих дамб необходимо произвести съемку точек выхода воды, определить *мутность* (один из признаков суффозии) и выполнить расчет фильтрационной прочности грунтов тела и основания ограждающего сооружения. Значение расчетных градиентов напора сравнивают с допустимым (таблица 4.1).

При допустимом градиенте напора фильтрационного потока и отсутствии суффозии устанавливают наблюдения за *величинами фильтрационных расходов*. Замеры следует производить *еженедельно* (в период паводка и затяжных дождей — *ежедневно*) из всех существующих очагов фильтрации с занесением результатов наблюдений в «Журнал замеров расхода фильтрационной воды».

Для определения расхода наиболее простым и практичным является *объемный метод*. Суть метода в следующем: в месте выхода фильтрационных вод организуют водослив (в виде лотка или трубы) таким образом, чтобы через него проходил весь объем фильтрационной воды, затем из водослива

наполняют сосуд с известным объемом, при этом определяют время его наполнения. Расход (*л/с*) определяют как отношение объема сосуда (*в литрах*) к времени его наполнения (*в секундах*).

Если визуальными наблюдениями за участками фильтрации обнаружены *признаки суффозии* (вынос мелких частиц грунтов из тела сооружения), необходимо срочно принять меры по устранению выхода фильтрационных вод (суффозии) на низовом откосе ограждающего сооружения на основании рекомендаций проектной организации или Аналитического центра по мониторингу безопасности ГТС.

4.2.4 Контроль заполнения емкостей

Наблюдения за заполнением карт золоотвала и вторичного отстойника включают:

- контроль уровня воды и золы в емкостях;
- учет количества пульпы, сбрасываемой в карты золоотвала;
- определение объема золы и шлама, накопленного в картах золоотвала.

Контроль уровня воды в емкостях золоотвала и вторичного отстойника следует осуществлять *ежедневно* путем замера уровня воды по водомерным рейкам, установленным в емкостях, с точностью до 1 см. Результаты замеров фиксируют в «Журнал наблюдений за уровнями воды».

Контроль уровня золы в картах золоотвала и вторичном отстойнике следует осуществлять глазомерно при *ежедневных* визуальных осмотрах, а также по результатам дополнительных съемок.

Очередность заполнения карт золоотвала (переключение подачи пульпы с восточной карты в западную и наоборот) производят по указанию (наряду) должностного лица, ответственного за техническое состояние и безопасную эксплуатацию ГТС, и на основании составленного годового графика заполнения и производства работ.

Учет количества пульпы, сбрасываемой в карты золоотвала, следует производить ежемесячно, по времени работы и производительности насосного оборудования багерной насосной станции. Результаты этих наблюдений фиксируют в «Журналах работы насосного оборудования» или формах, принятых на предприятии; обобщение результатов производят ежемесячно и по итогам года, с отражением в годовых отчетах о состоянии ГТС.

Определение количества золы и шлама, накопленного в картах золоотвала, допускается производить периодически (по мере необходимости) но не реже одного раза в год, по результатам инженерно-гидрографических изысканий. Результаты наблюдений ежегодно следует отражать в годовых отчетах о состоянии ГТС.

На основании результатов контроля заполнения емкостей карт золоотвала принимают решение о необходимости очистки карт от накопившихся золы и шлама.

4.2.5 Контроль технологии гидротранспорта и обратного водоснабжения

Контроль технологии гидротранспорта пульпы и осветленной технической воды (обратное водоснабжение) включает:

- визуальные наблюдения за общим состоянием сооружений, входящих в состав систем гидротранспорта и обратного водоснабжения;
- наблюдения за исправностью технологического оборудования (насосов, запорной арматуры и пр.).

Состояние (исправность) технологического оборудования следует контролировать ежемесячно. Обо всех обнаруженных отклонениях от заданного режима, неполадках и авариях необходимо указывать в журналах работы оборудования и ставить в известность начальника котельной «Центральная» или его заместителя (п. 12.6 ПБ 03-438-02).

Ремонтные работы технологического оборудования необходимо осуществлять на основании годового графика планово-предупредительных ремонтов (п. 8.1 ПБ 03-438-02). После капитального ремонта насосного оборудования до ввода в эксплуатацию следует производить его испытания в соответствии с требованиями действующих норм и правил (п. 12.26 ПБ 03-438-02).

4.2.6 Контроль качества осветленной воды

Контроль качества осветления технической воды во вторичном отстойнике производят ежедневно путем визуальных осмотров в месте забора воды (у водозаборного колодца).

4.2.7 Контроль технологии очистки карт золоотвала от накопленных золы и шлама

Очистку карт золоотвала от накопившихся золы и шлама предусмотрено производить *по необходимости (по мере их заполнения)* на основании специально разработанного проекта.

Выемку золы и шлама, после предварительного осушения емкости, предусмотрено осуществлять экскаватором с гребня дамбы, либо погрузчиком, размещаемым внутри карты. Вынимаемый шлам отгружают в автотранспорт и вывозят на полигон твердых бытовых отходов.

На период производства работ по очистке карт золоотвала следует организовать *ежедневные* визуальные наблюдения за целостностью верховых откосов и тела дамб (п. 9.26 ПБ 03-438-02), а также контролировать наличие трещин и заколов под опорными частями оборудования.

После завершения работ по выемке золы и шлама из карты следует произвести их дополнительную съемку в соответствии с требованиями «Инструкции по производству маркшейдерских работ» (РД 07-603-03).

Нарушение целостности тела дамб золоотвала и спуск воды на прилегающую к ГТС территорию с целью осушения емкостей карт для последующей их очистки от золы и шлама не допустимо.

При нарушении сплошности ограждающей дамбы золоотвала должны быть произведены ремонтные работы на основании проекта, выполненного специализированной организацией (и. 9.33 ПБ 03-438-02). Дальнейшая эксплуатация (заполнение) карты допускается после полного завершения ремонтных работ и приемки их комиссией предприятия (п. 9.14 ПБ 03-438-02).

4.2.8 Контроль влияния ГТС на окружающую природную среду

Контроль влияния золоотвала ООО «Хакасский ТЭК» на окружающую природную среду, с учетом их конструкции и условий эксплуатации, а также в соответствии с требованиями действующих правовых и нормативных документов в области охраны окружающей среды и промышленной безопасности должен включать:

- наблюдения за состоянием (загрязнением) воздушной среды *в районе* у ГТС;
- *контроль состояния (загрязнения) земель* прилегающей к золоотвалу территории вследствие возможного их заболачивания фильтрационными водами;
- наблюдения за состоянием (загрязнением) грунтовых вод *в районе* ГТС.

Порядок и периодичность производственного экоаналитического контроля необходимо осуществлять в соответствии со специально разработанными, утвержденными и согласованными в установленном порядке документами.

Перечень определяемых загрязняющих компонентов и свойств, а также их предельно допустимые концентрации определяются ПДК, а в случае их отсутствия - действующими санитарными нормами⁴.

4.2.9 Наблюдения за состоянием (загрязнением) воздушной среды

Отрицательное влияние золоотвала ООО «Хакасский ТЭК» на атмосферный воздух заключается в пылении с поверхности дамб, а также с поверхности шлама, размещенного в картах золоотвала, и при его выемке.

Контроль состояния (загрязнения) воздушной среды необходимо производить путем постоянных визуальных наблюдений за состоянием шлама на предмет наличия пыления.

В случае появления признаков пыления шлама следует принять меры к его предотвращению (увлажнение либо вывозка шлама).

4.2.10 Наблюдения за состоянием (загрязнением) земель (почв)

Наблюдения за состоянием (загрязнением) земель (почв) на прилегающей к ГТС территории подразумевают визуальный контроль подтопления и заболачивания прилегающей к золоотвалу и вторичному отстойнику территории фильтрационными водами - *ежедневно*.

4.2.11 Наблюдения за состоянием (загрязнением) грунтовых вод

Золоотвал ООО «Хакасский ТЭК» является бессточным накопителем; эксплуатируемым в замкнутом цикле оборотного водоснабжения. Прямого

⁴ Предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ, характерных для рассматриваемого накопителя, разрабатываемые для конкретных объектов с учетом их фактического состояния (фоновых концентраций и пр.) и утверждаемые органами санитарно-эпидемиологического надзора и охраны окружающей среды в установленном порядке.

влияния на грунтовые воды данное сооружение не оказывают. Однако вследствие возможной инфильтрации технической воды из накопителей возможно загрязнение грунтовой воды.

Настоящим Проектом мониторинга предусмотрен отбор проб воды, расположенной в низменностях *не реже одного раза в год после окончания отопительного сезона* с последующим выполнением ее химического анализа.

Отбор проб воды и ее химико-аналитический анализ рекомендуется производить с привлечением специализированных лабораторий, аккредитованных и аттестованных в установленном порядке.

Результаты химических анализов воды фиксируют в журналах или протоколах лабораторных исследований установленного образца.

Оценку контроля состояния и возможного загрязнения грунтовых вод производят путем сопоставления результатов наблюдений со значениями ПДК соответствующих веществ.

Обобщенные результаты контроля влияния золоотвала ООО «Хакасский ТЭК» на окружающую природную среду следует *ежегодно* отражать в годовых отчетах о состоянии ГТС.

4.3 Документация, необходимая для эксплуатации ГТС

Для обеспечения нормальной эксплуатации золоотвала ООО «Хакасский ТЭК» необходима следующая основная документация (таблица – 4.3).

При смене должностного лица, ответственного за сохранность документации, производят инвентаризацию всей имеющейся документации. Передачу документации оформляют актом, утверждаемым техническим руководителем предприятия (п. 3.3 ПБ 03-438-02).

Проектная и исполнительная строительная документация, а также материалы инструментальных наблюдений за сооружениями должны

храниться в архиве организации до окончательной консервации гидротехнических сооружений (п. 3.5 ПБ 03-438-02).

4.3.1 Эксплуатационный персонал и специалисты, осуществляющие мониторинг безопасности ГТС, в части образования, обучения и аттестации на право эксплуатации ГТС

Общий контроль состояния и безопасной эксплуатации золоотвала ООО «Хакасский ТЭК» следует возлагать на *специалиста, прошедшего специальную подготовку* и получившего допуск на ведение работ на накопителях жидких промышленных отходов (п. 5.5 ПБ 03-438-02).

Таблица 4.3 – Перечень основной документации, необходимой для эксплуатации золоотвала ООО «Хакасский ТЭК»

<i>Наименование</i>	<i>Инвентар- ный номер</i>
<i>Проектная и строительная документация</i>	
Проектная документация. Золоотвал котельной «Центральная». Внешнее гидрошлакозолоудаление» / ГПИ «Союзводоканалпроект» ВСО - Красноярск, 1985	
Золоотвал котельной «Центральная» ООО «Хакасский ТеплоЭнергоКомплекс». Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» / ООО «ПроектСервис» - Новосибирск, 2007	
Заключение на раздел «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» проектной документации «Золоотвал котельной «Центральная» ООО «Хакасский ТеплоЭнергоКомплекс» / Сибирский филиал Госэкспертизы проектов МЧС России по Республике Хакасия Абакан, 2007	
Отчет об инженерно-геологических изысканиях на объекте: «Золоотвал котельной № 3 Черногорского промышленного узла (реконструкция)» / Красноярский трест инженерно-строительных изысканий, Хакаское отделение Долган. 1991	
Отчет об инженерно-строительных изысканиях на объекте: «Золоотвал котельной «Центральная», Хакаского ТЭКа (бывшая общеузловая котельная 3 Черногорского промузла) в Усть-Абаканском районе» / ОАО «ХакасТИСИЗ» - Абакан, 2006	
Акты приемки сооружений в эксплуатацию	

Исполнительная строительная документация на принятые в эксплуатацию сооружения	
Паспорта и заводские инструкции по эксплуатации оборудования	
Проект очистки карт золоотвала от накопившегося в процессе эксплуатации шлама	
Проект мониторинга безопасности золоотвала котельной «Центральная» / Новационная фирма «КУЗБАСС-НИИОГР». - Кемерово, 2008	

Продолжение таблицы 4.3

<i>Наименование</i>	<i>Инвентар- ный номер</i>
<i>Документация, составляемая предприятием</i>	
Паспорт золоотвала / ООО «Хакасский ТЭК» - Черногорск, 2007	
План ликвидации аварий на золоотвале котельной ООО «Хакасский ТеплоЭнергоКомплекс» от 12.10.07	
Инструкция по эксплуатации золоотвала котельной «Центральная» ООО «Хакасский ТЭК»	
Инструкция о порядке ведения мониторинга безопасности золоотвала котельной «Центральная» ООО «Хакасский ТЭК» / ООО «Хакасский ТЭК». - Черногорск, 2008	
Годовые отчеты о состоянии ГТС	
Действующие должностные инструкции специалистов и производственные инструкции для рабочих, инструкции по технике безопасности, противопожарной технике и промышленной санитарии	
Материалы по обучению, инструктажу и проверке знаний эксплуатационного персонала	
График учебно-тренировочных занятий по возможным аварийным ситуациям	
Годовой график заполнения и производства работ на ГТС	
График планово-предупредительных ремонтов (ППР) оборудования	
Ситуационный план расположения ГТС	
Журналы наблюдений: • Журнал визуальных наблюдений за ГТС (ФОРМА 2); • Журнал наблюдений за уровнями воды (ФОРМА 3); • Журнал замера расхода фильтрационной воды (ФОРМА 6); • Журнал оперативных наблюдений за положением гребня дамб; • Журнал анализа проб воды (ФОРМЫ 15Ы7); Журнал работы насосного оборудования	
Приказы и распоряжения по предприятию	
<i>Документы инспектирующих, контролирующих органов и специализированных организаций</i>	
Экспертное заключение №03-2008 по оценке технического состояния и безопасности гидротехнических сооружений ООО «Хакасский ТЭК» / Новационная фирма «КУЗБАСС-НИИОГР». - Кемерово, 2008	
Акты комиссионных обследований гидротехнических сооружений	
Акты и предписания инспектирующих и контролирующих органов	
Акты о произошедших авариях и отказах в работе сооружений и оборудования, материалы расследования их причин	

Окончание таблицы 4.3

Протоколы химического анализа воды	
Материалы дополнительной съемки ГТС: <ul style="list-style-type: none">- планы наружных шламовых отстойников (масштаб 1:1000);- продольный профиль дамб;- поперечники дамб по наиболее характерным сечениям	

Приказом по предприятию должны быть определены специалисты, осуществляющие мониторинг безопасности золоотвала ООО «Хакасский ТЭК», и назначены ответственные лица за выполнение следующих видов работ:

- *координация* деятельности специалистов предприятия, на которых возложены обязанности по контролю состояния гидротехнических сооружений и проведению натурных наблюдений;
- *контроль и анализ* эксплуатационной надежности и безопасности ГТС, разработка технической документации;
- обеспечение *технологических процессов* {заполнения и очистки емкостей золоотвала; гидротранспорта и оборотного водоснабжения; осветления технической воды);
 - *выполнение* визуальных и инструментальных наблюдений;
 - *контроль* выполнения природоохранных мероприятий;
 - *получение и хранение* технической документации.

Все *рабочие*, связанные с эксплуатацией и обслуживанием гидротехнических сооружений, через каждые *6 месяцев* должны проходить повторный инструктаж по безопасности труда и *ежегодно* - проверку знания инструкций по соответствующим профессиям. Результаты проверки оформляют протоколом с записью в журнал инструктажа и личную карточку рабочего под роспись.

Специалисты, осуществляющие эксплуатацию и контроль состояния гидротехнических сооружений, должны иметь *высшее или среднее специальное образование* и подлежат проверке знаний правил, норм и

инструкций *не реже одного раза в 3 года* в комиссии с участием представителей органов надзора (пп. 2.24, 2.25 ПБ 03-438-02).

Распределение обязанностей между специалистами предприятия, осуществляющими эксплуатацию и контроль состояния золоотвала ООО «Хакасский ТЭК» определяют приказом по предприятию; функции по ведению мониторинга безопасности для этих специалистов должны быть записаны в соответствующих должностных инструкциях.

4.4 Температурный режим на экспериментальном участке незамерзающего дренажа

Температурные наблюдения на хвостохранилищах осуществляются с помощью следующей контрольно-измерительной аппаратуры:

- Датчиками ЭТС (электрический термометр сопротивления), используемыми для комплекса температурных наблюдений;
- Электромерзлотомерами, позволяющими фиксировать динамику сезонного промерзания – протаивания грунта.

Работа датчика ЭТС основана на изменении омического сопротивления медного проводника при повышении или понижении температуры. Датчик ЭТС состоит из стеклянного каркаса, термочувствительного элемента, стеклянного или металлического корпуса, соединительных проводов. Термочувствительный элемент изготавливается из медного провода марки ПЭВ или ПЭЛ диаметром 0,07 – 0,12 мм.

В интервале значений температур от -50 до $+150^{\circ}\text{C}$ имеет место следующая зависимость сопротивления медного провода от температуры:

$$R_T = R_0(1 + \alpha \cdot t) \quad (28)$$

где R_T – сопротивление медной проволоки при температуре $t^{\circ}\text{C}$;

R_0 – сопротивление медной проволоки при $t = 0^{\circ}\text{C}$;

α – температурный коэффициент электрического сопротивления, равный 0,00429 град⁻¹.

После намотки медного провода на катушку термочувствительного элемента производится его термообработка в сушильном шкафу при температуре 120 – 150° С с целью снятия напряжений, возникающих в проводах при намотке. Ориентировочная продолжительность термообработки 48 – 50 ч. После термообработки катушки термочувствительного элемента к ней присоединяют два подводящих провода, с помощью которых датчики объединяются в гирлянду. Подводящие провода располагаются внутри трубки каркаса. Термочувствительный элемент вставляется в корпус и закрепляется пробкой из плотного картона. После этого датчик герметизируется эпоксидной пробкой из плотного картона. После этого датчик герметизируется эпоксидной смолой. Для температурных наблюдений в скважинах датчики ЭТС объединяются в гирлянду с шагом 1 м. Изготовление термогирлянды производится по трехпроводной схеме. Провода, составляющие гирлянду, должны быть одной марки и иметь одинаковое сечение. Изоляция всех соединений должна быть герметична.

Перед каждым погружением термогирлянды необходимо выполнять ревизию скважин – выявить наличие инея, конденсата, воды, ледяных пробок, определить глубину, до которой возможно погружение гирлянды. При наличии в скважине воды и невозможности ее откачки гирлянду следует опускать только до уровня воды. Если скважина восстанавливается (удаляются ледяные пробки и хвоста, производится откачка воды или продувка скважины сжатым воздухом), измерения в ней следует производить не ранее чем через трое суток после окончания работ по очистке скважины.

В течение года следует выполнить не менее четырех циклов измерения: первый цикл (весенний) после освобождения прудка от ледяного покрова, второй цикл (летний) после установления устойчивых положительных температур наружного воздуха, третий цикл (осенний) в период образования

ледяного покрова в прудке, четвертый цикл (зимний) – во второй половине февраля – марте.

В течение каждого цикла наблюдений измерения температуры во всех створах следует проводить трижды с интервалом пять – семь дней. Измерение температур во всех скважинах одного створа следует проводить одновременно с двух-трехкратной повторяемостью. Первый замер производится не ранее чем через 12 ч после погружения гирлянды в скважину, второй – через 2 ч после первого.

Контрольно-измерительная аппаратура должна постоянно находиться в рабочем состоянии, обеспечивающем достоверность ее показания своевременного снятия необходимых замеров. Для этого в определенные сроки (1 – 2 раза в год) проверяется исправность всех установленных на сооружениях контрольно-измерительных приборов и регистрирующего оборудования. При наличии каких-либо неисправностей, обнаруженных при производстве замеров, они должны немедленно устраняться. Вышедшая из строя контрольно-измерительная аппаратура в случае невозможности ее ремонта и восстановления подлежит замене в возможно короткий срок.

Все установленные приборы (пьезометры, марки и т.д.) должны иметь свободный доступ для производства замера и маркировочные вешки, по которым они могут быть легко найдены. Выступающие на поверхность металлические части приборов должны ежегодно покрываться антикоррозионным составом или масляной краской, иметь надежно запирающиеся крышки и соответствующие номера, написанные яркой краской.

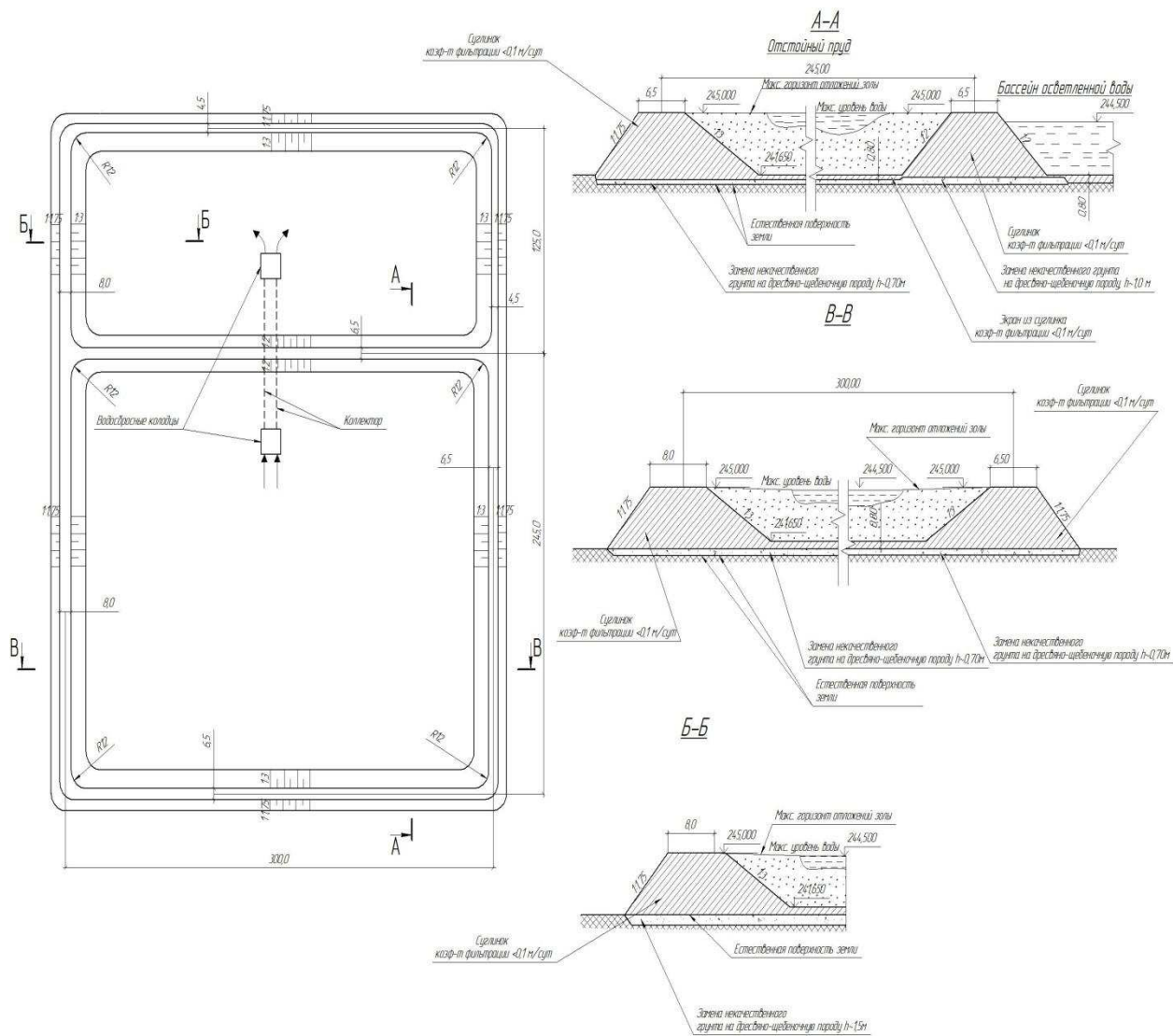
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе целью был анализ и оценка теплового состояния тела дамбы в районе незамерзающей дренажной системы.

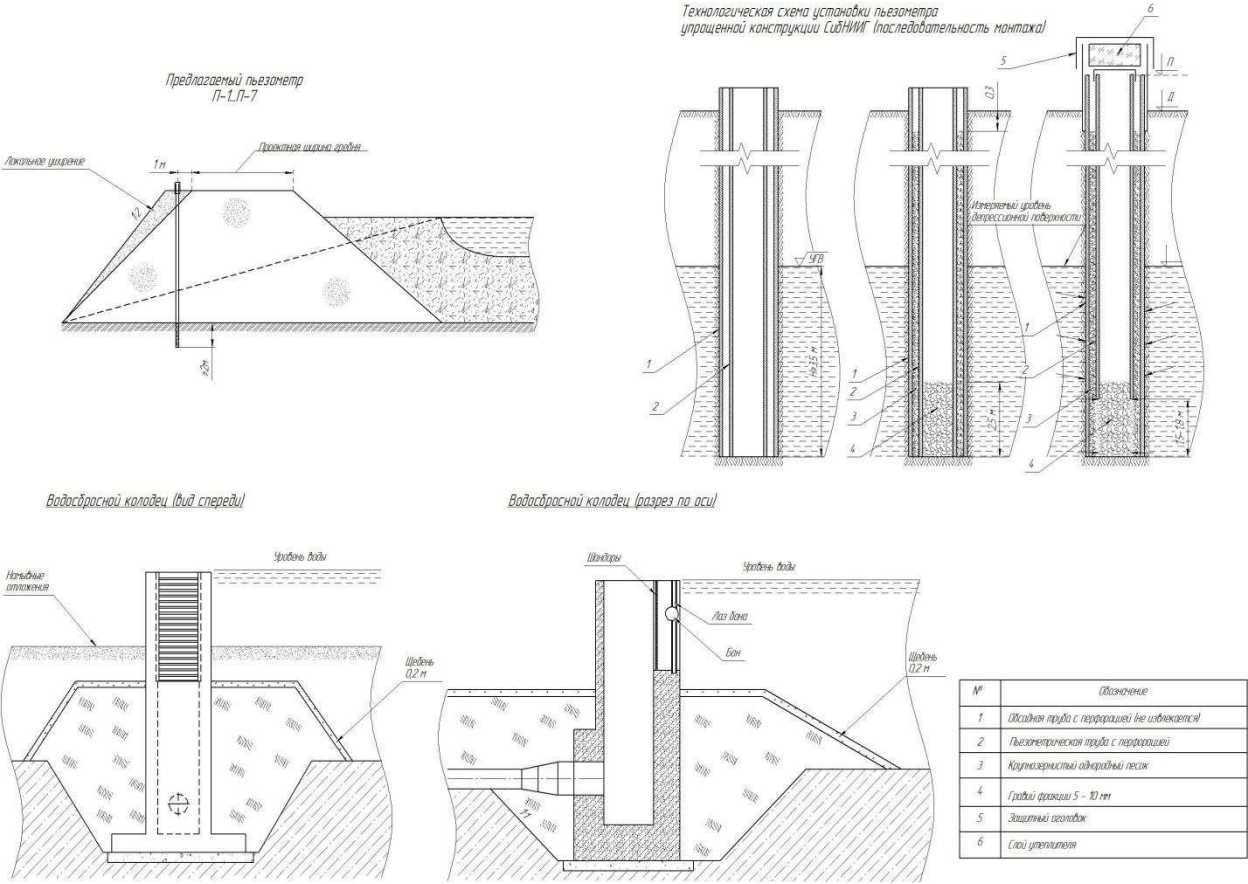
В ходе работы было проведено исследование теплового состояния и эффективности незамерзающей дренажной системы (патент РФ № 2440455, МПК E02B 7/06, опубл. 20.01.2012 Бюл. № 2), которое показало, что гидроотвал с незамерзающей дренажной системой является наиболее подходящим вариантом решения проблемы промерзания дренажной системы в холодный период года.

Из расчета следует, что температура грунта на данной глубине заложения труб (гидротранспортной и дренажной) в среднем равна 5 °С. Таким образом, благодаря совместной укладке пульпопровода и дренажа можно сэкономить на устройстве теплоизоляционного слоя и полностью исключить энергозатраты на иные способы обогрева дренажной системы.

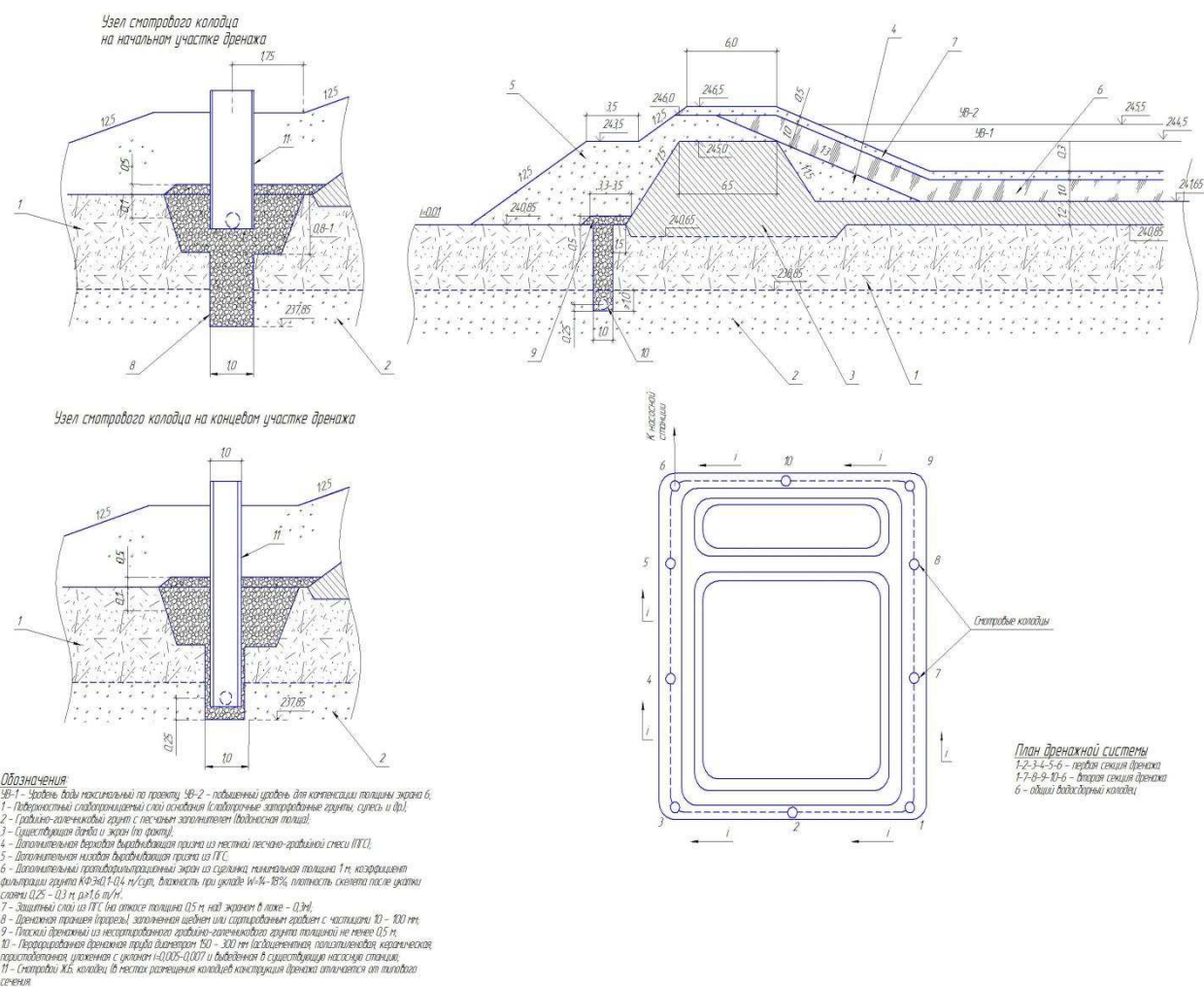
Приложение 1 – План и поперечные сечения золоотвала



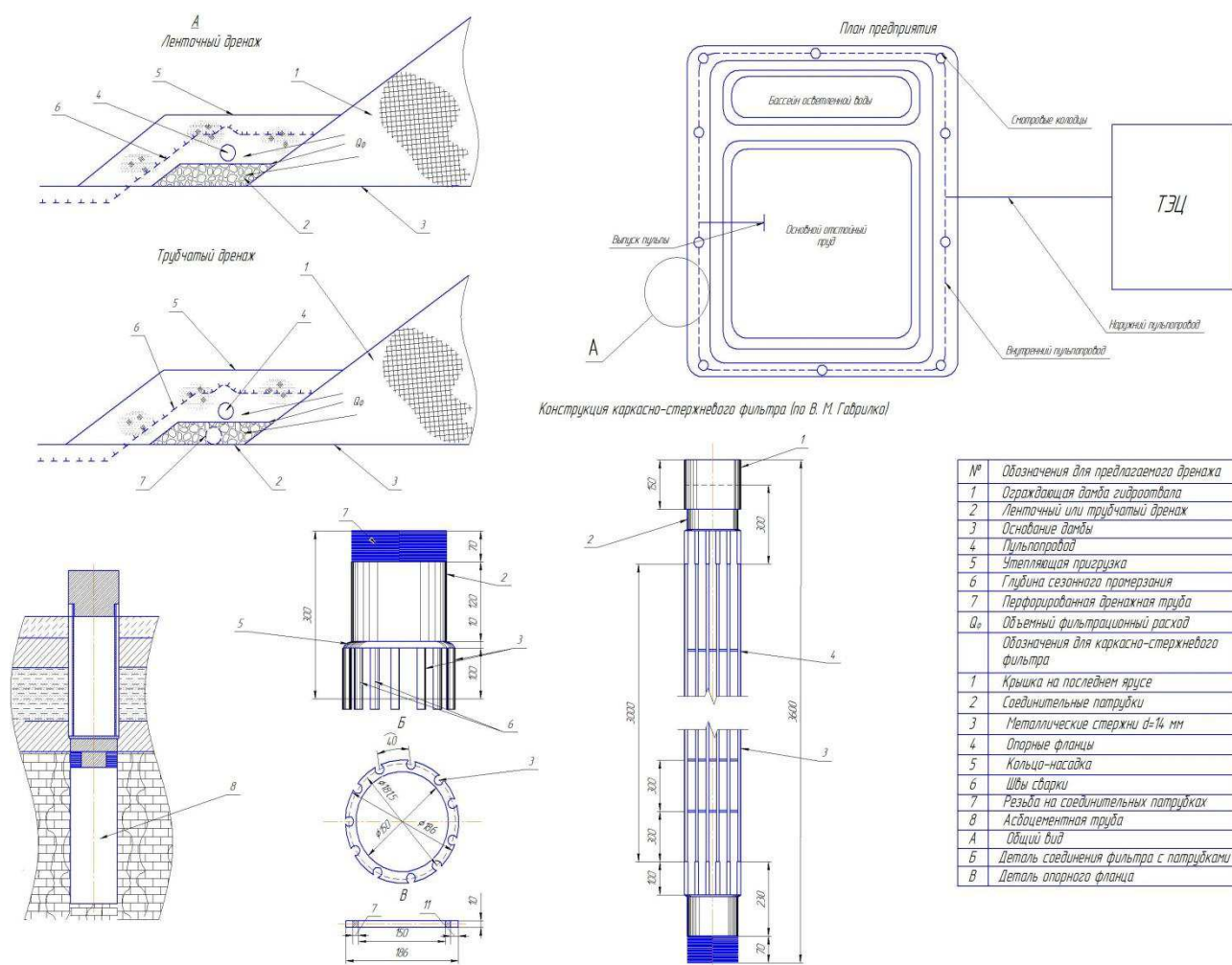
Приложение 2 – Контрольно-измерительная аппаратура и виды водосбросных колодцев



Приложение 3 – Конструкция дамбы и дренажа



Приложение 4 – Предлагаемая конструкция дренажа



Приложение 5 – Схемы дренажей в насыпных и гидроотвалах

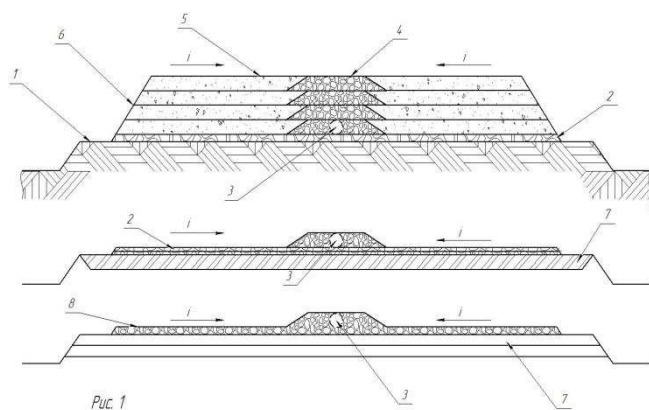


Рис. 1

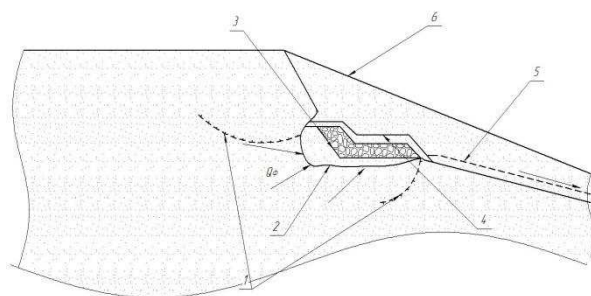


Рис. 2

Обозначения к Рис. 2:

- 1 – границы мерзлых зон;
- 2 – деформированная поверхность фильтрующего участка откоса;
- 3 – дренажирующая пригрузка;
- 4 – теплоизолирующий слой;
- 5 – незамерзающий дренажный выпуск;
- 6 – насыпной или отсыпанный грунтовой материал, выравнивающий откос и предохраняющий дренаж от промерзания;
- Q_{ϕ} – расход фильтрации.

Обозначения к Рис. 1, 3:

- 1 – естественное или экранированное основание;
- 2 – дренажирующий слой толщиной 20 – 25 см (ГЩС, щебень, шлак);
- 3 – незамерзающий дренажный коллектор;
- 4 – поперечно наращиваемая дренажная призма;
- 5 – отходы;
- 6 – упрочняющие дренажирующие прослойки;
- 7 – экран из суглинки, золотана или пленки;
- 8 – утепленный дренажный выпуск;
- 9 – внешняя емкость для сбора противодиффузионных стоков;
- 10 – противодиффузионные стоки.

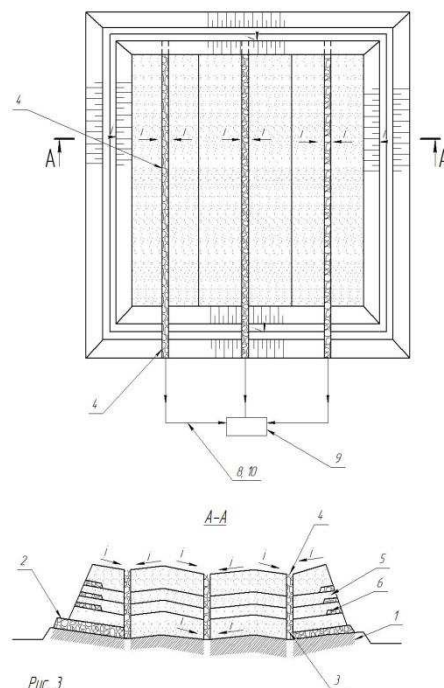


Рис. 3


СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обзор прессы: к разработке «Энергетической стратегии России до 2020 года» // Уголь. 2000. №4. - с. 61.
2. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей Красноярского края в 2001 г». Главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Красноярскому краю. – М: НИА-Природа, РЭФИА, 2003. - 224с.
3. Сысоев, Ю. М. Проектирование и строительство золоотвалов / Ю. М. Сысоев, Г. И. Кузнецов. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 248 с.
4. Беляев, Р. А. Золошлаковые отходы: проблемы и пути их решения / Р. А. Беляев, Т. Ю. Еранская, И. Н. Коновалова // Экология и промышленность России - 1999. - №7. - с. 34-36.
5. Корытова, И. В., Основные положения проектирования намывных хранилищ ЗШМ, расположенных в северной строительно-климатической зоне / И. В. Корытова, Н. Ф. Кривоногова // Гидротехническое строительство - 1995. - №4.- С. 24-30.
6. СНиП 2.01.28-85. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию. / Госстрой России. — М. : ГУП ЦПП, 2000 - 14 с.
7. ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ № 03-2008 по оценке технического состояния и безопасности гидротехнических сооружений, 2008-75 с.
8. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения. М.: Госстрой России, 2004
9. Баум В. А. Исследование процесса перемешивания в потоке жидкости, протекающей в трубах, заполненных кусковым материалом. Изв. АН СССР, Отд. техн. наук, № 9, 1953г.

10. Гольдтман В. Г. Теплообмен в фильтрующих крупнозернистых грунтах при дренажной и игловой гидрооттайке. Тр. ВНИИ-1, т. 13, Магадан, 1959.
11. Гребер Г., Эрк С. и Григуль У. Основы учения о теплообмене. Изд-во ин. литер., М., 1958.
12. Иванов Н. С. Теплообмен в криолитозоне. Изд-во АН СССР, 1962.
13. Лыков А. В. Теория теплопроводности. Гос. изд-во технико-теоретич. литературы, М., 1952.
14. Кузнецов, Г. И. Накопители промышленных отходов: учеб. пособие / Г. И. Кузнецов, Н. В. Балацкая, Д. А. Озерский. - Красноярск: ИПК СФУ, 2008. - 180 с.
15. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика / под ред. В. П. Недриги. - М. : Стройиздат, 1983. - 550 с.
16. Кузнецов, Г. И. Проблемы безопасности специальных гидро-сооружений (хвостохранилища, золоотвалы, шламонакопители) в условиях Сибири / Г. И. Кузнецов // Изв. вузов. Строительство. - 2002. - № 3. - 61-67 с.
17. Васильев, И. А. Гидротехнические сооружения / И. А. Васильев и др.; ред. Н. П. Розанова. - М. : Стройиздат, 1978. - 560 с.
18. Волков, И. М. Проектирование гидротехнических сооружений / И. М. Волков и др. - М. : Колос, 1968. - 371 с.
19. Замарин, Е. А. Гидротехнические сооружения / Е. А. Замарин, В. В. Фандеев. - М. : Колос, 1965 - 210 с.
20. Недрига, В. П. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика / ред. В. П. Недриги. - М. : Стройиздат, 1983. - 550 с.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра теплотехники и гидрогазодинамики

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой



подпись
« »
В.А. Кулагин
инициалы, фамилия
2018 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ТЕЛА ДАМБЫ В РАЙОНЕ
НЕЗАМЕРЗАЮЩЕЙ ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ**

13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

13.04.01.01 Энергетика теплотехнологий

Научный руководитель  проф. д-р техн. наук А.П. Скуратов

подпись, дата

18.06.18

Выпускник


подпись, дата

В.А. Остапенко

Рецензент


подпись, дата

доцент к.т.н.

Н.В. Крук

Красноярск 2018